Schriften der Vereines zur Verbreitung

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

RECEIVED BY EXCHANGE

Class

Digitized by Google

APR 11 1911
EXCHANGE

UNIVERS
OF
CALIFO

Digitized by Google

Schriften des Vereines

zur Verbreitung

naturwissenschaftlicher Kenntnisse

in Wien.

Sechsundzwanzigster Band.

Vereinsjahr 1885/86.

Wien, 1886.

Im Selbstverlage des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien.

In Commission bei **W. Braumüller & Sohn.**

Populäre Vorträge

aus allen Fächern

der

Naturwissenschaft.

Herausgegeben
vom Vereine zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse
in Wien.

Sechsundzwanzigster Cyclus.

Wien, 1886.

Im Selbstverlage des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher
Kenntnisse in Wien.

In Commission bei **W. Braumüller & Sohn.**

Für den Inhalt der Vorträge sind die Autoren verantwortlich.

Das Vortrags- und Redactions-Comité:

Th. Fuchs, Dr. Fr. Ritter von Le Monnier, Dr. J. Rumpf.

JAHRES-BERICHT.

Ansprache

des Herrn Vereinspräsidenten

k. k. Ministerialrathes

Dr. Carl Brunner von Wattenwyl

am 17. März 1886.

Hochgeehrte General-Versammlung!

Wir schliessen den diesjährigen Cyclus unserer Vorträge, nachdem die in dem Programm festgestellten 18 Vorträge regelmässig stattgefunden haben. Der demnächst auszugebende 26. Band unserer Schriften wird denselben eine bleibende Erinnerung und den Zuhörern manche erwünschte Aufklärung über einzelne Gegenstände bieten.

Aus der Vereinsthätigkeit habe ich Ihnen zu berichten, dass der Ausschuss in Ausführung der ihm von der letzten General-Versammlung ertheilten Ermächtigung die Bibliothek zu sehr günstigen Bedingungen verkauft hat, worüber der Cassa-Bericht Ihnen Aufschluss geben wird.

In dem Bestande des Vereines hat sich eine bedauerliche Abnahme der Theilnehmer ergeben, indem

wir dermalen 683 Mitglieder zählen, gegenüber 740 im Vorjahre. Durch den Tod verloren wir 12 Mitglieder, worunter sich unser langjähriger Rechnungsrevisor Regierungsrath Anton Meissner befindet, welcher noch auf seinem Sterbebette die Rechnung für das Jahr 1884/85 mit gewohnter Gewissenhaftigkeit revidirte und seinen Befund als letztes Zeichen seiner Thätigkeit uns zum Andenken hinterlässt.

Ich fordere die Versammlung auf, demselben die letzte Ehre zu erweisen durch Erheben von den Sitzen.

Einen grossen Verlust erleidet der Verein durch den Austritt des Herrn Hofraths Wilhelm Ritter von Heger aus dem Ausschussrathe. Bereits vor zwei Jahren trat unser hochverdiente College in Folge seines geschwächten Augenlichtes von der Stelle eines Vicepräsidenten zurück, und heute veranlasst die Zunahme dieses Leidens den von uns Allen innigst bedauerten Entschluss, unseren Ausschuss ganz zu verlassen.

Der Rückgang der Mitgliederzahl, welcher immerhin mit einer finanziellen Einbusse verbunden ist, hält den Ausschuss nicht ab, nach den bisherigen Grundsätzen ohne irgend eine Reduction des Programmes vorzugehen. Wir sind der festen Zuversicht, dass die Schwierigkeiten vorübergehend sind und eine neue Anzahl von Einwohnern Wiens, welche für den Fortschritt der Wissenschaft und die Ausbildung ihrer Kenntnisse im Gebiete der Naturforschung Sinn haben, sich uns anschliessen werden.

Wir bereiten daher für die nächste Saison ein neues Programm vor. Um dasselbe möglichst vollständig in Ihre Hände gelangen zu lassen, werden wir es, in Abweichung von dem bisherigen Gebrauche, erst im Herbst Ihnen zusenden.

Sie werden nunmehr den Bericht des Herrn Cassa-Verwalters über die Gebahrung im 25. Vereinsjahre 1884/85 entgegennehmen, und ebenso lade ich Sie ein, für die statutenmässig aus dem Ausschuss tretenden Herren Brunner von Wattenwyl, Stöger, Fuchs, Heger, Pierre, Rumpf, Steiner Freiherr von Pfungen eine neue Wahl vorzunehmen, wobei ich bemerke, dass die austretenden Herren wieder wählbar sind und mit Ausnahme des Herrn Ritter von Heger die Annahme der eventuellen Wiederwahl erklärt haben. Ebenso sind zwei Rechnungs-Revisoren zu wählen.

Ich ertheile dem Herrn Vereins-Cassier das Wort.

Cassa-Gebahrung im 25. Vereinsjahre 1884/85,

d. i. vom 1. November 1884 bis 31. October 1885.

Einnahmen:

Saldo-Vortrag vom vorigen Jahre	fl.	227.85
Jahresbeiträge der Vereinsmitglieder	„	2352.—
Subventionen	„	565.—
Interessen vom Vereinsvermögen	„	450.39
Erlös für verkaufte Vereinsschriften	„	155.12
Erlös für den Verkauf der Vereinsbibliothek .	„	1096.20
Rückporti	„	4.90
Summe der Einnahmen .	fl.	4851.46

Ausgaben:

Honorare für die Manuscripte der Vorträge . .	fl.	1104.70
Druck und Broschirung des 25. Bandes der Vereinsschriften, dann für Karten, Programme etc.	„	1398.81
Illustrationen zum Jahrbuch und zu den Vorträgen	„	270.10
Functionspauschale für den Secretär des Vereins	„	200.—
Beleuchtung und Beheizung des Vortragssaales	„	220.—
Apparate und Chemikalien zu den Vorträgen .	„	26.26
Versendung der Vereinsschriften und andere Porti	„	39.43
Incasso-Provision	„	122.35
Kleine Verwaltungsauslagen	„	24.89
Tischlerrechnung	„	36.—
Buchbinderrechnung	„	8.80
Bedienung	„	99.50
Ordnen der Bibliothek	„	35.—
Ankauf von 1000 fl. Februar-Rente	„	836.33
Summe der Ausgaben .	fl.	4422.67
Baar-Saldo auf neue Rechnung	„	428.79
Gleich der Summe der Einnahmen .	fl.	4851.46

Wien, den 31. October 1885.

W. Lukesch,
Cassier.

Befund der Herren Revisoren:

Vorstehende Rechnung wurde der Ziffer nach und auf Grund der Beilagen geprüft und richtig befunden.

Der am 31. October 1885 ausgewiesene Cassarest per fl. 428.79 wurde auf neue Rechnung für das Jahr 1885/86 vorgetragen.

Laut Depotscheines der Ersten österr. Sparcassa wurde an Stammvermögen vorgefunden:

10 Fünftel K. Ferd. Nordb.-Actien	à 200 fl.	Nom. C. M.	fl.	2000
3 Stück Feber-Renten	à 1000 fl.	„	Ö. W.	„	3000
10 „ „	à 100 „	„	„	„	1000

Wien, den 23. October 1885.

Anton Meissner, k. k. Regierungsrath.

Carl Petter, Haupt-Cassier der Ersten österr. Sparcassa.

Wünscht Jemand bezüglich der Rechnung das Wort?

Wenn nicht, so erkläre ich die Vereins-Rechnung für das 25. Vereinsjahr 1884/85 für genehmigt und ersuche die hochgeehrten Anwesenden, zum Zeichen Ihrer Zustimmung sich von den Sitzen zu erheben.

(Geschieht.)

Nachdem hiemit die Tagesordnung erschöpft ist, ersuche ich noch zwei Herren, das Scrutinium der eingesammelten Wahlzettel zu übernehmen, schliesse die General-Versammlung und bitte nunmehr den Herrn Professor Dr. Franz Ritter von Höhnel, den programmässigen letzten Vortrag zu halten.

Nach Schluss des Vortrages verkündete der Vereins-Secretär Stöger das Resultat der Abstimmung. Es wurden 54 Stimmzettel abgegeben und mit Stimmeneinheit gewählt:

zum Präsidenten: Herr Dr. Carl Brunner von Wattenwyl, k. k. Ministerialrath, Vicepräsident des Wissenschaftlichen Club etc.

zum Secretär: Herr Victor Stöger, k. k. Hofzahlamts-Adjunct;

zu Ausschussräthen: Herr Theodor Fuchs, Custos am k. k. naturhistorischen Hofmuseum; Herr Dr. Victor Pierre, Professor an der k. k. technischen Hochschule; Herr Franz Rumler Edler von Aichenwehr, k. k. Ministerialrath; Herr Dr. Jakob Rumpf, Schulrath und Gymnasial-Professor im k. k. Theresianum; Herr Eduard Steiner Freiherr von Pfungen, k. k. Ministerialrath a. D.;

als Rechnungsrevisoren: Herr Eduard Nowotny, k. k. Ministerial-Rechnungsrath a. D.; Herr Carl Petter, Haupt-Cassier der Ersten österr. Sparcassa.

Vereinsleitung

für das 27. Vereinsjahr 1886/87:

Präsident: Brunner von Wattenwyl Carl, Dr., k. k. Ministerialrath im Handelsministerium, Vicepräsident des Wissenschaftlichen Club etc. 1886.

Vicepräsidenten: 1. Oppolzer Theodor Ritter von, Dr., k. k. Hofrath und Universitätsprofessor. 1885.

— 2. Pokorny Alois, Dr., k. k. Regierungsrath und Director des Communal-Real- und Obergymnasiums im II. Bezirke. 1885.

Secretär: Stöger Victor, Adjunct im k. k. Hofzahlamte. 1886.

Cassier: Lukesch Willibald, Beamter der Ersten österreichischen Sparcassa. 1885.

Ausschussräthe: Döll Eduard, Oberrealschul-Director. 1885.

— Fuchs Theodor, Custos im k. k. naturhistorischen Hofmuseum. 1886.

— Karrer Felix, k. k. Ministerial-Concipist a. D. und erster Secretär des Wissenschaftlichen Club. 1885.

— Ludwig Ernst, Dr., k. k. Universitätsprofessor, Mitglied der kais. Akademie der Wissenschaften, Vorstand des technischen Laboratoriums an der pathologisch-anatomischen Anstalt des Wiener allgemeinen Krankenhauses. 1885.

— Le Monnier Franz Ritter von, k. k. Ministerial-Secretär und General-Secretär der k. k. geographischen Gesellschaft. 1885.

— Pernter Josef, Dr., Adjunct an der k. k. meteorologischen Centralanstalt. 1885.

— Pierre Victor, Dr., Professor an der k. k. technischen Hochschule. 1886.

Ausschussräthe: Rumler Franz Edler von Aichenwehr, k. k. Ministerialrath. 1886.
— Rumpf Jacob, Dr., k. k. Schulrath und Gymnasialprofessor im Theresianum. 1886.
— Steiner Eduard Freiherr von Pfungen, k. k. Ministerialrath a. D. 1886.
— Tandler Josef Ritter von Tanningen, k. k. Ministerialrath a. D. 1885.
— Toula Franz, Dr., Professor an der k. k. technischen Hochschule. 1885.

Rechnungs-Revisoren: Nowotny Eduard, k. k. Ministerial-Rechnungsrath a. D.
— Petter Carl, Haupt-Cassier der Ersten österreichischen Sparcassa.

Mittheilungen, Zuschriften und Sendungen wollen gefälligst an den Secretär des Vereines gerichtet werden, unter der Adresse:

Victor Stöger,

Wien, IV., Margarethenstrasse 44.

Gesellschaften, Vereine und Anstalten, mit welchen Schriftentausch stattfindet:

Altenburg: Naturforschende Gesellschaft der Osterlander.
Annaberg-Buchholz: Verein für Naturkunde.
Augsburg: Naturhistorischer Verein.
Aussig a. d. E.: Naturwissenschaftlicher Verein.
Baden bei Wien: Gesellschaft zur Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse.
Bamberg: Naturforschende Gesellschaft.
Basel: Naturforschende Gesellschaft.
Batavia: Koniglike naturkundige Vereeniging in Neederlandsch Indie.
„ Naturkundige Genootschaap.
Berlin: Königliche Akademie der Wissenschaften.
„ Entomologischer Verein.
„ Polytechnische Gesellschaft.
„ Botanischer Verein für die Provinz Brandenburg.
„ Redaction der Zeitschrift der gesammten Naturwissenschaften von Dr. Giebel.
Bern: Naturforschende Gesellschaft.
„ Schweizerische entomologische Gesellschafts-Bibliothek.
Bistritz (Siebenbürgen): Gewerbeschule.
Böhmisch-Leipa: Nordböhmischer Excursions-Club.
Bologna: Accademia delle scienze del istituto di Bologna.
Bonn: Naturhistorischer Verein der preuss. Rheinlande und Westphalens.
Bordeaux: Société des sciences physiques et naturelles.
Boston: Society of natural history.
„ Proceedings of the American Academy of arts and sciences.
Braunschweig: Verein für Naturwissenschaft.
Bremen: Naturwissenschaftlicher Verein.
Brescia: Ateneo di Brescia.
Breslau: Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur.
Brünn: k. k. Mähr.-schlesische Gesellschaft zur Beförderung des Ackerbaues, der Natur- und Landeskunde.
„ Naturforschender Verein.

Brüssel: Société malacologique de Belgique.
„ Société belge de microscopie.
„ Société entomologique de Belgique.
Budapest: Kön. ungar. geologische Anstalt.
„ Kön. ungar. naturwissenschaftliche Gesellschaft.
Christiania: Königliche norwegische Universität.
„ „Naturen“, Monatschrift für populäre Naturwissenschaften.
Chur: Naturforschende Gesellschaft Graubündtens.
Cordoba: National-Akademie der Wissenschaften der Republik Argentina.
Danzig: Naturforschende Gesellschaft.
Dorpat: Naturforschende Gesellschaft.
Dresden: Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis.
„ Kais. Leopoldinisch-Carolinische Akademie der Naturforscher.
Emden: Naturforschende Gesellschaft.
Erfurt: Kön. Akademie gemeinnütziger Wissenschaften.
Frankfurt a. M.: Physikalischer Verein.
„ Senkenberg'sche naturf. Gesellschaft.
Frauenfeld-Schweiz: Thurgauische naturforschende Gesellschaft.
Freiburg im Breisgau: Naturforschende Gesellschaft.
Giessen: Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.
Görlitz: Naturforschende Gesellschaft.
„ Oberlausitzische Gesellschaft der Wissenschaften.
Gravenhaag: Neederlandsche entomologische Vereeniging.
Graz: Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark.
Greifswald: Naturwissenschaftlicher Verein für Neu-Vorpommern und Rügen.
Halle: Naturwissenschaftl. Verein für Sachsen und Thüringen.
„ Verein für Erdkunde.
Hamburg-Altona: Naturwissenschaftlicher Verein.
„ Verein für naturwissenschaftliche Unterhaltung.
Hanau: Wetterauer Gesellschaft f. die gesammte Naturkunde.
Heidelberg: Naturhistorisch-medicinischer Verein.
Helsingfors: Societas scientiarum Finicae.
„ Societas pro fauna et flora fennica.
Hermannstadt: Siebenbürgischer Verein für Naturwissenschaften.
Innsbruck: Ferdinandeum.
„ Naturwissenschaftlich-medicinischer Verein.

Kiel: Naturwissenschaftlicher Verein für Schleswig-Holstein.
Klagenfurt: Carinthia, geschichts- und naturhistorisches Landesmuseum von Kärnten.
Königsberg: Kön. physikalisch-ökonomische Gesellschaft.
Landshut: Botanischer Verein.
Lausanne: Société vaudoise des sciences naturelles.
Leipzig: Verein für Erdkunde.
Linz: Museum Francisco-Carolinum.
„ Verein für Naturkunde in Oesterreich ob der Enns.
Lüneburg: Naturwissenschaftlicher Verein.
Lüttich: Société géologique de Belgique.
Mannheim: Verein für Naturkunde.
Marburg in Deutschland: Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften.
Mecklenburg: Verein der Freunde der Naturgeschichte.
Moskau: Kaiserliche Gesellschaft der Naturforscher.
München: Königl. bayerische Akademie der Wissenschaften.
Neufchâtel: Société des sciences naturelles.
Nürnberg: Naturhistorische Gesellschaft.
Offenbach: Verein für Naturkunde.
Passau: Naturhistorischer Verein.
Philadelphia: Academy of natural sciences of Philadelphia.
Prag: Kön. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften.
„ Naturhistorischer Verein Lotos.
Pressburg: Verein für Natur- und Heilkunde.
Regensburg: Zoologisch-mineralogischer Verein.
Reichenberg: Verein der Naturfreunde.
Riga: Naturforscher-Verein.
Rom: R. Accademia dei Lincei.
„ R. Comitato geologico d'Italia.
Salem: Peabody academy of science.
„ Essex institute.
Salzburg: Gesellschaft für Salzburger Landeskunde.
St. Gallen: Naturwissenschaftliche Gesellschaft.
Stockholm: Entimologisk Tidskrift.
Stuttgart: Verein für vaterländische Naturkunde in Württemberg.
Tauton Castle (Somersetshire): Archaeological and natural history Society.
Triest: Bolletino della società di scienze naturali.
Upsala: Société royal des sciences à Upsal.
Washington: Smithsonian institution.

Wien: Alpenclub Oesterreich. IV., Paniglgasse 10 oder IV., Goldegggasse 22.
„ Anthropologische Gesellschaft. I., Universitätsplatz 2.
„ Electro-technischer Verein. IV., Kettenbrückengasse 20.
„ K. k. geologische Reichsanstalt. III., Rasumoffskygasse 23.
„ K. k. geographische Gesellschaft. I., Universitätsplatz 2.
„ K. k. naturhistorisches Hofmuseum.
„ Oesterreichische Gesellschaft f. Meteorologie. Heiligenstadt, Hohe Warte.
„ Ornithologischer Verein. III., Marokkanergasse 3.
„ K. k. zoologisch-botanische Gesellschaft. I., Herrengasse 13.
„ Verein für niederösterreichische Landeskunde. I., Herrengasse 13.
„ Touristenclub. I., Herrengasse 23.
„ Kais. Akademie der Wissenschaften. I., Universitätsplatz 2.
„ Wissenschaftlicher Club. I., Eschenbachgasse 9.
Wiesbaden-Nassau'scher: Verein für Naturkunde im Herzogthume Nassau.
Wisconsin: Naturhistorischer Verein (The Wisconsin Natural History Society).
Würzburg: Polytechnischer Central-Verein.
Zürich: Naturforschende Gesellschaft.
Zwickau: Verein für Naturkunde.

Die Schriften des Vereines werden zugestellt:

An die Allerh. k. und k. Familien-Fideicommissbibliothek.
„ „ Bibliotheken der durchlauchtigsten Herren Erzherzoge Kronprinz Rudolf, Carl Ludwig, Ludwig Victor, Albrecht, Wilhelm, Leopold und Rainer.
„ „ kais. kön. Hofbibliothek.
„ „ Bibliothek des Herrn Herzogs von Cumberland.
„ „ Bibliothek des hohen k. k. Ministeriums für Cultus und Unterricht.
„ „ Bibliothek der k. k. Universität in Wien.
„ „ „ der k. k. Hochschule für Bodencultur in Wien.
„ „ „ der k. k. Theresian. Akademie in Wien.
„ „ „ des k. k. akademischen Gymnasiums in Wien.
„ „ „ des k. k. Staats-Gymnasiums im II. Bezirke in Wien.
„ „ „ des Communal-Real- und Ober-Gymnasiums im II. Bezirke in Wien.
„ „ „ der Communal-Ober-Realschule im IV. Bezirke in Wien.
„ den niederösterr. Gewerbe-Verein in Wien.
„ die Bibliothek der k. k. Universität in Czernowitz.
„ „ „ „ „ „ „ „ Graz.
„ „ „ „ „ „ „ „ Innsbruck.
„ „ „ „ „ „ deutschen Universität in Prag.
„ „ „ „ kais. Universität in Strassburg.
„ den deutsch-österreichischen Leseverein an der Universität in Wien.
„ den naturwissenschaftlichen Verein an der k. k. Universität in Wien.
„ den naturwissenschaftlichen Verein an der k. k. technischen Hochschule in Wien.
„ den deutschen Leseverein an der k. k. Bergakademie in Leoben.

Verzeichniss

der im Vereine im 26. Vereinsjahre 1885/86 gehaltenen Vorträge:

4. November 1885. Dr. Josef Pernter, Adjunct an der k. k. Centralanstalt für Meteorologie: Der Mond und das Wetter.

11. November 1885. Prof. Dr. Josef Böhm: Die Nährstoffe der Pflanzen.

18. November 1885. Prof. Dr. Eduard Albert: Ueber den Mechanismus des Stehens und Gehens.

25. November 1885. Dr. Rud. Benedict, Adjunct an der k. k. technischen Hochschule: Ueber die Principien der Färberei.

2. December 1885. Prof. Dr. Franz R. v. Höhnel: Ueber die Einrichtungen der Blüthen und ihre Ursachen.

9. December 1885. Prof. Dr. August R. v. Reuss: Ueber Farbensinn und Farbenblindheit.

16. December 1885. Hofrath Prof. Dr. Theodor R. v. Oppolzer: Ueber die Bestimmung der Schwerkraft.

30. December 1885. Prof. Dr. Franz Noë: Ueber Wanderungen im Thierreich.

13. Jänner 1886. Prof. Dr. Ernst Ludwig: Ueber den Phosphor (mit Experimenten).

20. Jänner 1886. Regierungsrath Prof. Dr. Edler v. Hayek: Ueber Schlangen.

27. Jänner 1886. Privatdocent Dr. Victor Uhlig: Ueber das Petroleum.

3. Februar 1886. Obersanitätsrath Prof Dr. Eduard R. v. Hofmann: Ueber Gifte im Allgemeinen und Vergiftungen im Haushalte.

10. Februar 1886. Prof. Franz R. v. Řžiha: Ueber schlagende Wetter.
17. Februar 1886. Prof. Dr. Oscar Simony: Ueber die empirische Natur unserer Raumvorstellungen.
24. Februar 1886. Adjunct Dr. Josef Pernter: Ueber Tornados und Tromben.
3. März 1886. Prof. Dr. Fr. Brauer: Beziehungen der Larvenformen der Thiere zur Abstammung.
10. März 1886. Oberingenieur Friedr. R. v. Lössl: Der Luftwiderstand im Allgemeinen und in seiner besonderen Beziehung auf Luftschifffahrt.
17. März 1886. Prof. Dr. Franz R. v. Höhnel: Ueber das Schmarotzen und Zusammenleben im Pflanzenreiche.

Am letzten Vortragsabende wurde zugleich die General-Versammlung des Vereines abgehalten.

Protector:

Se. kaiserl. und königl. Hoheit

der Durchlauchtigste Herr

Erzherzog Rudolf

des Kaiserthums Oesterreich Kronprinz und Thronfolger, königlicher Prinz zu Ungarn und Böhmen, Erzherzog von Oesterreich, Ritter des goldenen Vließes, Großkreuz des St. Stephans-Ordens 2c. 2c., Feldmarschall-Lieutenant, Vice-Admiral, Inhaber des Infanterie-Regimentes Nr. 19 und des Feld-Artillerie-Regimentes Nr. 2 2c. 2c.

Verzeichniss

der

Subventionen, der Vereinsmitglieder und ihrer Beiträge für das 26. Vereinsjahr 1885/86.

Subventionen:

	fl.
Se. k. u. k. Apost. Majestät der Kaiser . . .	100
Se. kais. Hoheit Erzherzog Kronprinz Rudolf.	80
Se. kais. Hoheit Erzherzog Carl Ludwig. . .	30
Se. kais. Hoheit Erzherzog Ludwig Victor . .	25
Se. kais. Hoheit Erzherzog Albrecht	25
Se. kais. Hoheit Erzherzog Wilhelm	25
Se. kais. Hoheit Erzherzog Rainer	25
Se. königl. Hoheit Herzog v. Cumberland . .	30
Das hohe k. k. Ministerium für Cultus und Unterricht	200

Ehrenmitglied:

Se. Excellenz Herr Dr. Carl Edler v. Stremayr, k. k. Geheimer Rath, zweiter Präsident des k. k. Obersten Gerichtshofes, Minister a. D., I., Schottengasse 3.

Ordentliche Mitglieder:

	fl.
Abich Hermann, kais. russ. Staatsrath, I., Museumstrasse 8	2
Adamek Ferdinand, Ritter v., k. k. Hofrath, VIII., Lenaugasse 17	2
Adamek, Edle v., dessen Frau Gemalin, VIII., Lenaugasse 17	2
Adler Rudolf, I., Strauchgasse 1	2
Agonás Anna, Fräulein in Brád, Siebenbürgen . . .	2
Aholz Marie, Fräulein, I., Fichtegasse 2	2

fl.

Alth F., Ritter v., Director der k. k. Staats-Realschule in Währing, Marktgasse 22. 2
Amon Josef, Effecten-Cassier des Wiener Bankvereines, III., Reisnerstrasse 13 2
André Katharina, Frl., Lehrerin, III., Erdbergerstrasse 39B 2
Anthoine Carl, Edler v., erzherzogl. Hofcassier . . . 2
Anthoine Franz, k. k. Hofgarten-Director, I., Hofgartenstrasse 2
Apotheker-Verein, allg. Wiener, IX., Spitalgasse 31 5
Arányi August, Professor in Szegedin 2
Arbeiter-Bildungs-Verein, VII., Zollergasse 14 . . 2
Arendt Franz, VIII., Feldgasse 1 2
Arneth Alfred, Ritter v., k. k. Geheimer Rath, Präsident der kais. Akademie der Wissenschaften, Mitglied des Herrenhauses, k. k. Hofrath, I., Giselastrasse 7 . . 5
Arneth Franz, Ritter v., Dr. der Medicin, I., Kolowratring 14 5
Arthaber Joh. Jos. Rud., Edler v., kais. Rath etc., I., Wallnerstrasse 9 5
Arthaber Elise v., dessen Frau Gemalin, I., Wallnerstasse 9 2
Ascher Adolf, Ritter v., k. k. Hofrath, I., Michaelerplatz 6 5
Auspitz Rudolf, Grosshändler, I., Schwarzenbergstr. 3 5
Bach Alexander, Freiherr v., Dr., k. k. Geheimer Rath, Minister a. D., II., Praterstrasse 55. 10
Bach Heinrich, Freiherr v., Dr., Hof- und Ger.-Adv., I., Rauhensteingasse 3 2
Bäumler Ernst, k. preuss. Oberbergrath, Central-Director der Prager Eisenindustrie-Gesellschaft, IV., Heugasse 58 5
Banhans Anton, Dr., k. k. Geheimer Rath, Minister a. D., Reichsraths- und Landtags-Abgeordneter, Präsident des niederösterr. Gewerbevereines, I., Stefansplatz, Zwettelhof 5
Barger Emanuel, Ingenieur der Nordbahn, II., Mühlfeldgasse 16 2
Bauer Wilhelm, VII., Dreilaufergasse 11 2
Bauernfeld Guido, Sparcassabeamter 2
Baumer Alois, Sparcassabeamter, II., Gr. Pfarrgasse 13 2
Baumgarten Max v., k. k. Feldmarschall-Lieutenant a. D., IV., Waaggasse 5 10
Baumgartner Heinrich, Dr., k. k. Gymnas.-Prof. in Wiener-Neustadt 2

fl.

Bayer Rudolf, Secretär der wechselseitigen Brandschaden-Versicherungsgesellschaft, I., Bäckerstr. 26 . 2
Beer J. W. de, commercieller Agent der öst.-ung. Staatseisenbahn-Gesellschaft, III., Reisnerstrasse 36 . . . 2
Beranek Johanna von Bernhorst, Frau, Untervorsteherin am k. k. Officierstöchter-Institut zu Hernals 2
Berdlik A., Sechshaus, Schulgasse 2 2
Beringer Eduard, Buchbinder, III., Ungergasse 36 . 2
Beringer Hermine, Fräulein, III., Marokkanergasse 22 2
Bertele Carl v Grenadenburg, k. k. Ministerialrath, VIII., Kochgasse 36 2
Berwerth Emilie, Frau, I., Johannesgasse 2 2
Besold Fr., fürstl. Lobkowitz'scher Hauptcassier in Prag 2
Bettelheim Carl, Dr. der Medicin, sammt Familie, I., Nibelungenstrasse 4 5
Bibliothek der k. k. technischen Hochschule in Wien 2
Biedermann August, III., Reisnerstrasse 13 2
Binder Andr., k. k. Bau-Inspector a. D., III., Marokkanergasse 1 5
Bisching Anton, Dr., Prof., IV., Carolinengasse 19 . 2
Blatt Carl, Official im k. k. Versatzamt 2
Blatt Johann, Beamter des „Phönix", I., Kumpfgasse 6 2
Bockhorn Georg, herzogl. Ober-Buchhalter, VI., Mollardgasse 12 B 2
Böhm Josef, Dr., k. k. Univ.-Professor, IX., Garnisonsgasse 4 5
Böhmerle Carl, Ingenieur, IV., Blechthurmgasse 4 . 2
Bohrer Stefan, Conditor, VI., Mariahilferstrasse 9 . . 2
Bolst Kurt, I., Löwelstrasse 16 2
Born Anton, Depositen-Cassier der Creditanstalt, III., Reisnerstrasse 9 B 2
Boskowitz Julius, Ingenieur, I., Mehlmarkt 9 . . . 5
Brabbée Anton, Effecten-Cassier der Wiener Lombard- und Escompte-Bank, IX., Schwarzspanierstrasse 5/I . 2
Brabbée Marietta, Frau, IX., Schwarzspanierstr. 5/I . 2
Braumüller Wilh. sen., Ritter v., Hofbuchhändler, I., Graben 2
Breitenlohner Jacob, Dr., Professor an der k. k. Hochschule für Bodencultur, IX., Kinderspitalgasse 2 2
Brenner Julius, Beamter der österreichisch-ungarischen Bank, IV., Wiedener Hauptstrasse 4 2
Brenner Wilhelm, Beamter, VI., Esterhazygasse 37 . 2

fl.

Breyer Friedrich, Ingenieur, VII., Lindengasse 9 . . 2
Bringmann Carl, Director d. Beamten-Baugesellschaft, IX., Kolingasse 15. 2
Brosch Franz, Lehrer in Leonfelden, Oberösterreich . 2
Bruckl Robert, Obergymnasiast in Znaim, Franziskanerplatz 1 2
Brunner v. Wattenwyl Carl, Dr., k. k. Ministerialrath im Handelsministerium, Vicepräsident des Wissensch. Club, IV., Theresianumgasse 25 5
Bujatti Moriz, Oberdöbling, Hirschengasse 38 . . . 2
Burgerstein Alfred, Dr., Prof., II., Taborstrasse 75 2
Busch A., Patentbureau-Inhaber, II., Obere Donaustr. 63 2
Busch Eduard, Beamter des städtischen Aichamtes, IX., Sechsschimmelgasse 5 2
Busenlechner Johann, Dr. der Medicin, Hernals, Pichlergasse 6 2
Byland-Rheidt Arthur, Graf, k. k. Geheimer Rath, Feldmarschall-Lieutenant, Reichs-Kriegsminister . . 10
Chiodi Johann, Papierfabrikant, I., Kärntnerstrasse 29 5
Chloupek Josef, I., Getreidemarkt 16 2
Chlumeczky Johann, Ritter v., k. k. Geheimer Rath, Minister a. D., Reichsraths- und Landtags-Abgeordneter, I., Parkring 16 10
Christl Franz, k. k. Feldmarschall-Lieutenant a. D., VI., Windmühlgasse 38 2
Chytil Stefan, Oberlehrer in Loschitz, Mähren . . . 2
Cieslar Adolf, Dr., VIII., Laudongasse 41 2
Colloredo-Mansfeld Josef, Fürst, I., Stubenring 6 10
Columbus Christoph, Freiherr v., k. k. Hofrath a. D., I., Zwettelhof 5
Columbus Freiin v., I., Zwettelhof 5
Comorn Adolf, Bankbeamter, II., Praterstrasse 26 . . 2
Conrad-Eybesfeld Sigismund, Freiherr v., Dr., k. k. Geheimer Rath, Minister für Cultus und Unterricht . 10
Cosmos, wissenschaftlicher Verein in Mährisch-Schönberg 2
Cwetnič Marie, Frau, III., Hauptstrasse 3 2
Czermak Johann, k. k. Director des Josefstädter Gymnasiums. 2
Czerny Othmar, III., Reisnerstrasse 27 2
David Alois, fürstl. Metternich'scher Hofrath, III., Rennweg 23 10
David Benno, Ritter v., k. k. Hofrath, I., Bognergasse 3 2

	fl.
Demel Rudolf, kais. Rath, VI., Kopernikusgasse 7 . .	2
Demski Georg, Architekt, IX., Gärtnergasse 3 . . .	2
Denk Amalie, Frau, I., Lichtensteg 2	5
Deschmann Carl, Custos des Museums in Laibach .	2
Dietz Carl, k. k. Hofrath, I., Opernring 7	5
Ditmar C. Rudolf, kais. Rath, k. k. Hof-Lampenfabrikant etc., I., Weihburggasse 4	5
Ditmar Louise, Frau, I., Weihburggasse 4	5
Doblhoff Josef, Freiherr v., I., Eschenbachgasse 9 (Wissenschaftlicher Club)	2
Dobner v. Dobenau Johann, k. k. Generalmajor a. D., I., Schottengasse 3	2
Doczkalik Emerich, Bankbeamter, Währing, Gürtelstrasse 59	2
Döbler Franz Xav., k. k. Ministerialbeamter, IX., Nadlergasse 8/I	2
Döll Eduard, k. k. Oberrealschul-Director, VII., Westbahnstrasse 16	2
Dohnel Franz, k. k. Oberrechnungsrath a. D., Ober-Döbling, Hauptstrasse 5	5
Dorré Franz, Secretär des Adelscasino, I., Kolowratring 5	2
Drasche Arthur v., Bergbau-Inspector, I., Wallfischgasse 8	2
Drasche Richard, Freiherr v. Wartinberg, Fabriks- und Grossgrundbesitzer, I., Opernring 10	10
Drexler Josef, Jur. Dr., III., Heumarkt 11	5
Duchek Marie, Frau, k. k. Hofraths- und Professorswitwe, I., Grillparzergasse 11	5
Dürr Hermann, Oberingenieur der Nordbahn, III., Löwengasse 53 A	2
Dumba Nikolaus, Realitätenbesitzer, Reichsraths-Abgeordneter etc., I., Parkring 4	10
Ehnhart Carl jun., VI., Gumpendorferstrasse 14/II .	2
Ehrenberg, III., Apostelgasse 12.	2
Eichler Wilhelm, Freiherr v. Eichkron, k. k. Hofrath, General-Director der Nordbahn, IV., Heugasse 4 . .	5
Endlicher August, Fabriksdirector, I., Singerstr. 13 .	2
Engelhard Carl, Professor der Wiener Handelsakademie und der Fortbildungsschule für Eisenbahnbeamte, II., Wintergasse 15	2
Engerth Josef, Freih. v., Ingenieur, I., Nibelungenstr. 4	2
Eyer Heinrich, Fabrikant, VII., Neubaugasse 9 . . .	2
Faber Moriz jun., IV., Schwindgasse 5	10

fl.

Fachverein der Schuhmacher Wiens, VII., Schottenfeldgasse 78 (im Gasthause „zur steinernen Eule") 2
Falkenhayn Julius, Graf, k. k. Geheimer Rath, Ackerbau-Minister 10
Feifalik Hugo, Ritter von, k. k. Regierungsrath, Secretär Ihrer Majestät der Kaiserin, Hofburg . . . 10
Felbinger Wilhelmine, Edle v., k. k. Hofrathsgattin, IV., Margarethenstr. 6 2
Felsmann Johanna, Frau sammt Familie, I., Bartensteingasse 16 5
Fiebinger Ernestine v., Fräulein, IX., Petrarkagasse 1 2
Fiebinger Pauline v., Fräulein, IX., Petrarkagasse 1 2
Fichtner Hermann, Fabriksbesitzer, I., Wildpretmarkt 6 5
Figdor Eduard, Oekonom, II., Praterstrasse 8 . . . 2
Filek v. Wittinghausen Marie, Frau, I., Johannesg. 19 2
Fink Eduard, erzherzogl. Rechnungs-Revident, III., Neulinggasse 12 5
Finkey Ludwig v., k. k. Förster in Corona, Post Altenmarkt, bei Baden 2
Fischer Carl, Dr., k. k. Landesgerichtsrath a. D. und Kanzlei-Director der wechselseitigen Brandschaden-Versicherungsanstalt, I., Bäckerstrasse 26. 2
Fischer Carl, Beamter der österr.-ungar. Bank . . . 2
Fischer Heinrich, Professor am Francisco-Josefinum in Mödling, IV., Weyringergasse 24 2
Fleckenstein Anna, Frau, Doctorsgattin, IV., Hauptstr. 46 5
Fleckenstein, Fräulein, IV., Hauptstrasse 46 . . . 5
Fogy Dorothea, Frau, I., Schellinggasse 6 5
Fogy Emilie, Fräulein, I., Schellinggasse 6 2
Frank Carl, Lehrer, III., Beatrixgasse 25 2
Frankel Laura, Frau, I., Johannesgasse 2 2
Frick Franz, Geschäftsführer, I., Auwinkel 4 5
Fritsch Carl, Optiker, VI., Gumpendorferstrasse 34 . 2
Fruhwirth Karoline v., Frau, IV., Technikerstrasse 9 5
Fuchs Theodor, Custos im k. k. Hof-Mineraliencabinet, IX., Nussdorferstrasse 39 2
Fuchs Justine, dessen Frau Gemalin, IX., Nussdorferstrasse 39 2
Fuchs Wilhelmine, Fräulein, IV., Floragasse 7 . . . 2
Gabriel Carl, Rechnungsrath beim k. k. Obersten Rechnungshofe, VIII., Skodagasse 9 2
Gall Eduard, erzherzogl. Secretär, IV., Hauptstrasse, Palais Erzherzog Rainer 5

fl.

Gall Ludwig, Beamter der Nordbahn, II., Franzensbrückenstrasse 21 2
Gams Johann, k. k. Rechnungsrath, I., Annagasse 5 . 2
Ganglbauer Cölestin, Se. Eminenz, Cardinal und Fürsterzbischof in Wien 5
Gaunersdorfer Johann, Dr., Professor am Francisco-Josephinum in Mödling, Feldgasse 31 2
Gerstbauer Carl, Kaufmann, I., Goldschmiedgasse 2 2
Gesselbauer Josef, k. k. Börse- und Wechselsensal, I., Schulhof 8 2
Gilge Carl, Dr. der Medicin, Director der Wasserheilanstalt „Brünnlbad", IX., Lazarethgasse 2
Glas Ant., k. k. Artillerie-Hauptmann, III., Geusaufg. 5 2
Glatzel Carl, Ingenieur, III., Fasangasse 47 2
Gmelin Julius, Buchhalter, I., Wollzeile 12 2
Göbl Franz, Vorstand der Maschinen-Direction der Südbahn, Jacquingasse 5 5
Gögl Johann, kais. Rath, Präsident der niederösterr. Handels- und Gewerbekammer etc., I., Fichtegasse 6 5
Gömery de Sajo Gustav, k. k. Hauptmann, III., Metternichgasse 5 2
Goldhann Josef, Schuldirector, VI., Stumpergasse 5 . 2
Goldschmied Robert, Kaufmann, I., Fleischmarkt 5 . 2
Golling Theodor, k. k. Major, VI., Laimgrubengasse 16 2
Gomperz B. Hr., IX., Schlickgasse 5 2
Gostkowski Roman, Freiherr, Leiter des Präsidial-Bureaus der österr. Staatsbahnen, I., k. k. Handelsministerium 2
Gränzer Josef, Lehrer, III., Reisnerstrasse 12 . . . 2
Graf Edmund, Beamter des österr. „Phönix", I., Riemerstrasse 2 2
Greville Moore George, Capitän, Naval- and Military-Club, 94 Piccadilly in London 2
Grienberger Albert, Hauptcassier der k. k. Staatsschuldencassa, I., Grünangergasse 1 2
Grieninger Heinrich, Kaufmann, I., Rothenthurmstr. 14 5
Grillmayer Johann, Fabriksbesitzer, I., Maximilianstr. 9 5
Grob Eduard, I., Neuer Markt 9/III 5
Grob Ida, dessen Frau Gemalin, I., Neuer Markt 9/III 5
Gröger Franz, Beamter der Staatsbahn, VIII., Lenaugasse 19 2
Gröger Franz, Buchhalter der Sigl'schen Maschinenfabrik, IX., Eisengasse 15 2

fl.

Groll Josef, Privatier, IX., Nussdorferstrasse 14 . . . 2
Groller v. Mildensee J., k. k. Generalmajor in Laibach 2
Gross Josef, k. k. Ministerialrath im Finanzministerium, I., Grünangergasse 10 2
Gross Julius, I., Getreidemarkt 16 2
Grossauer landwirthschaftlicher Lese- und Bildungsverein 2
Gruber, Besitzer des Hôtels „Victoria", Favoritenstrasse 2
Grünwald Marie v., Frau, Linz, Obere Donaulände 5 2
Grund Carl, Dr., Hof- und Gerichtsadvocat, I., Bankgasse 2 5
Gschlacht Julius, VII., Breitegasse 10 2
Gschwendt Rudolf in Grafenegg (Post Haitzendorf) . 2
Güdemann C., Dr., Prediger, II., Tempelgasse 23 . 2
Guggenberger Lambert, Pfarrer in Adlweng in Oberösterreich 2
Guggenberger Moriz, Beamter der Ersten österr. Sparcassa 2
Gutmann J. W., Ritter v., Grosshändler, I., Kantgasse 6 5
Haan Friedrich, Freiherr, k. k. Hofrath, I., Blumenstockgasse 5 2
Haan Friedrich, k. k. Ministerialrath a. D., I., Freiung 6 5
Habrich Gustav, Privatier, I., Fichtegasse 2 . . . 10
Habrich, dessen Frau Gemalin, I., Fichtegasse 2 . . 10
Hänisch Josef, Oberbuchhalter der Escomptebank, III., Ungargasse 12 2
Hager Amalie, Frau, I., Kärntnerring 11 5
Halbwirth Franz, Wirthschaftsadjunct in Pusta-Zelitz in Ungarn 2
Hammerschmidt Johann, Dr., k. k. Oberrechnungsrath, III., Heumarkt 5 2
Hassek Heinrich, Lederfabrikant, IV., Waaggasse 5 . 2
Hatzmann Carl, herzogl. nassauischer Buchhalter, III., Reisnerstrasse 35 2
Hauber Anton, infulirter Abt und Prälat zu Neuräusch in Mähren 5
Hauer Josefine, Fräulein v., I., Canovagasse 7 . . . 5
Haupt Leopold, Edler v., Güterbesitzer in Brünn . . 2
Hayr Adolf, Beamter der Depositenbank, II., Lessinggasse 15 2
Hedbawny Josef, Inspector der Staatseisenbahn, V., Hundsthurmerstrasse 22 2
Hein Henriette, Fräulein, I., Wallfischgasse 12 . . . 2

	fl.
Helf Josef, Grosshandl.-Procuraführer, I., Tuchlauben 17	5
Helia Johann, Privatier, IV., Plösslgasse 16	2
Heller Henriette, Frau, I., Wallfischgasse 12/II . .	2
Helmer Louise, Frau, Professorsgattin, IV., Hundsthurmerstrasse 1	5
Hemmel Josef, VII., Burggasse 48	2
Henisch Julius, Streckenchef der Nordbahn in Ostrau	2
Herdy Franz, Privatier, I., Adlergasse 16	2
Hernalser k. k. Officierstöchter-Institut, die Untervorsteherinnen: Marie Kittner	2
Ludovica Mick	2
Herr Friedrich, Edler v. Wilfried, pens. General-Secretär der Ersten österr. Sparcasse, V., Griesgasse 1 . . .	5
Herrnritt Auguste, Frau v., I., Reichsrathsstrasse 1 .	2
Herrnstadt G., Privatbeamter, IX., Liechtensteinstr. 11	2
Herz Julius, Baudirector, I., Stadiongasse 7	5
Hilbricht Emil, Dr., Advocat in Brzezan in Galizien	2
Hink Alexander, Beamter der österr.-ungar. Bank, VIII., Piaristengasse 21	2
Hingler Franz, k. k. Rechnungs-Revident, VII., Schottenhofgasse 3	2
Hinträger Emma, Frau, IV., Heugasse 66	2
Hirsch Josef, Hausbesitzer, VI., Magdalenenstrasse 4	2
Hirschl Charlotte, Frau, I., Canovagasse 3	2
Hoch Julie, Fräulein v., III., Beatrixgasse 26 . . .	2
Hoch Sidonie, Frau v., III., Beatrixgasse 26	2
Hochegger Franz, Hofburgtheater-Oberrequisiteur und Werkstätten-Inspector, VI., Dreihufeisengasse 8 . .	2
Hochstetter Arthur, Ritter von, Studirender, Oberdöbling, Hauptstrasse 60	2
Höfler Alois, Gymnasial-Professor, IV., Mozartgasse 9	2
Höing Julius, Kaufmann, I., Grünangergasse 12 . .	2
Höing Mathilde, Frau, dessen Gemalin, I., Grünangerg. 12	2
Hölzel Julius, Oberinspector der Staats-Eisenbahn, I., Schwarzenbergstrasse 17	2
Hönig Franz, Dr., Hof- und Gerichtsadvocat, VII., Andreasgasse 1	2
Hönigsberg Moriz in Agram	2
Höpflingen Wilhelmine, Frau v., Statthaltereirathswitwe, Neu-Ottakring, Veronikagasse 3	2
Hofer Josef, Donau-Dampfschifffahrts-Beamter, VIII., Laudongasse 16	2
Hofmann Adolf, Dr. der Medicin, I., Hoher Markt 11	2

fl.

Hofmann Georg, Ritter von, k. k. Berghauptmann, III., Marokkanergasse 5 2
Hofmann Isidor, Kaufmann, Syré's Nachfolger, I., Tuchlauben 6 2
Holzhausen Adolf, k. k. Hofbuchdrucker, VII., Breitegasse 8 2
Holzknecht Carl, k. k. Ministerial-Rechnungsbeamter, III., Strohgasse 18 2
Horny Max, I., Reichsrathsplatz 2 2
Horowska Irene, Fräulein, I., Kärntnerstrasse 20 . . 2
Hoyos-Sprinzenstein Ernst, Graf v., k. k. Geheimer Rath, Herrenhausmitglied, Güterbesitzer, Kärntnerring 5 10
Hrouzek Johann, Ministerialsecretär im k. k. Justizministerium, I., Schillerplatz 4 2
Hrska Ferdinand, Privatbeamter, V., Grüngasse 34 . 2
Huber Franz, Studirender, I., Tuchlauben 11 . . . 2
Huber Josef, Dr., X., Himbergerstrasse 27 2
Hülsenbeck Antonie, Frau, Schulinspectorsgattin, Hernals, Alsbachgasse 16 2
Humbourg Otto Maria, Reichsritter v., Privatier, sammt Familie, II., Rueppgasse 24 5
Hungerbyehler Julius, Edler v. Seestetten, städtischer Buchhaltungsbeamter, I., Wollzeile 23 2
Jäger Heinrich, I., Schottenring 19 5
Jäger Josef, Realitätenbesitzer in Fischau 5
Jägerndorfer Oberrealschule 2
Jaklitsch Carl, Districtsverwalter zu Zelitz in Ungarn 2
Jaksch Ferdinand, I., Franz Josefs-Quai 37 2
Jaksic Johann, k. k. Hauptmann im 19. Infanterie-Regimente Kronprinz Erzh. Rudolf, Raab, Ungarn . . . 2
Jaques Heinrich, Dr., Reichsraths-Abgeordneter, Hof- und Gerichtsadvocat, I., Freisingergasse 6 5
Jecsmeniowski Franz, III., Beatrixgasse 19 . . . 2
Jehle in Prerau 2
Jenny S., Fabrikant, I., Zelinkagasse 4 2
Ihm Josef, k. k. Rechnungsrath i. P., III., Hetzgasse 8/II 5
Ingenieur- und Architekten-Verein, österr., I., Eschenbachgasse 9 2
John Hermine, Frau, Private, VI., Magdalenenstr. 14 2
Irral Josef, Sparcassabeamter, in Hietzing 2
Jüllig Maximilian, diplomirter Ingenieur und Docent an der k. k. technischen Hochschule, Währing, Cottage, Sternwartegasse 39 5

	fl.
Jung Friedrich, k. k. Feldmarschall-Lieutenant a. D., VI., Wallgasse 42	5
Kästner Hermann, Beamter der Ersten ungar. allgem. Versicherungsgesellschaft, I., Himmelpfortgasse 6 . .	2
Kahane Marie, Fräulein, I., Türkenstrasse 25 . . .	2
Kail J. A., Assistent an der k. k. techn. Hochschule .	2
Kalaus, V., Kettenbrückgasse 19	2
Kaltenbrunner Franz, I., Dorotheergasse 5	2
Kamler Alois v., Studirender, III., Ungergasse 3 . .	2
Kapper Heinrich, Controlchef der Staats-Eisenbahn, I., Schwarzenbergstrasse 17	2
Karl Agnes, Frau v., sammt Familie, IV., Hauptstr. 14	5
Karl Alexander, infulirter Abt und Prälat in Melk .	5
Karl Peter, Privatier, VII., Lindengasse 15	2
Karrer Felix, k. k. Ministerialbeamter a. D., erster Secretär des Wissenschaftl. Club, Döbling, Hauptstr. 80	2
Kastner Anton, Dr., Hof- und Gerichtsadvocat, IV., Hauptstrasse 1	2
Kastner, dessen Frau Gemalin, IV., Hauptstrasse 1	2
Katzmayer Georg, k. k. Hofkürschner, IV., Carlsg. 14	2
Kauer Anton, Dr., Realschuldirector, VI., Marchettigasse	2
Kaulbars Nicolai, Freiherr v., Generalmajor, Flügeladjutant Sr. Majestät des Kaisers von Russland und Militär-Bevollmächtigter, IV., Schlüsselgasse 3 . . .	10
Kazmány Carl L., k. k. Schiffsbau-Oberingenieur, VIII., Langegasse 25	2
Kazmány, dessen Frau Gemalin, VIII., Langegasse 25	2
Keil August, Cassier und Abtheilungs-Chef der österr.-ungar. Bank, III., Heumarkt 5	2
Keil Albertine, dessen Frau Gemalin, III., Heumarkt 5	2
Kerner Anton, Ritter v. Marilaun, Dr., k. k. Univers.-Prof., Director des k. k. botan. Gartens, III., Rennweg	5
Kind Robert, Cassier der Cosmanoser Cattunfabrik, I., Franz Josefs-Quai 37	2
Kirchberger Franz, Oberlehrer in Perg in Oberösterr.	2
Kittl Ernest, Assistent im k. k. Hofmineralien-Cabinet, II., Vereinsgasse 3	2
Klapsia Alfred, evang. Pfarrer zu Orlau in Oest.-Schlesien	2
Klaus Anton, Ritter von, k. k. General-Intendant i. P., in Pressburg, Märzengasse 8	2
Klein Adolf, Uhrenhändler, I., Schönlaterngasse 18 .	2
Klein August, k. k. Hof-Lederwaarenfabrikant, VII., Andreasgasse 6	5

fl.
Klein Rudolf, k. k. Bergrath, IV., Favoritenstrasse 17 2
Klein Wilhelm, Controlor der österr.-ungar. Bank, IX., Berggasse 4 2
Kleyle Friedrich, Ingenieur, III., Neulinggasse 12 . . 2
Kliemetschek Adolf, Assistent an der k. k. technischen Hochschule, IV., Technik 2
Klinkhammer Franz, Inspector der Staats-Eisenbahn, VIII., Skodagasse 20 2
Knörlein Hermine, Fräulein, VIII., Florianigasse 1 . 2
Kögler August, Buchhalter, I., Franz Josefs-Quai 35 . 2
Königswarter Moriz, Freiherr v., Mitglied des Herrenhauses, Generalconsul etc., I., Kärntnerring 4 . . . 10
Koppler Moriz, Buchhalter, I., Wollzeile 2 2
Korda Marie v., Fräulein, IV., Apfelgasse 3 2
Kornhuber Hermine, Frau, V., Kettenbrückgasse 3 2
Kossmahl Anna, Fräulein, I., Türkenstrasse 25 . . 2
Kosterschitz Ubald, Prälat im Chorherrenstifte zu Klosterneuburg 2
Kowarzik Josef, Beamter der Depositenbank, VII., Zollergasse 6 2
Krämer Johann, Schätzmeister, I., Laurenzerberg 3 . 2
Kral Julius, Hauptcassier des k. k. Ministerial-Zahlamtes, III., Heumarkt 9 2
Kralik Anton, k. k. Hauptzollamtsbeamter, VII., Neustiftgasse 104/I 2
Kralik Hanns, Realitätenbesitzer, Nr. 87 zu Inzersdorf am Wienerberge 2
Kratzer Franz, Kaufmann, VI., Mariahilferstrasse 73 . 2
Kremser Landes-Oberrealschule 2
Krieger Adolf, Beamter der Ersten österr. Sparcassa, VII., Lindengasse 28 2
Krist Josef, k. k. Schulrath und Professor, III., Lagergasse 3 2
Kritz Franz, Buchbinder, III., Rasumoffskygasse 21 . 2
Kriz Johann, Beamter, VIII., Piaristengasse 25 . . . 2
Kruess Stefan, Grosshändler, I., Hegelgasse 3 . . . 2
Kudlik Carl, Comptoir-Leiter der „Wiener Zeitung“, III., Gärtnergasse 32 2
Kühnert Franz, Observator der k. k. öst. Gradmessung, VI., Brauergasse 5 2
Kühneth Friedrich, Ingenieur, I., Maximilianstrasse 9 2
Kuffner Moriz v., Ottakring, Bräuhaus 5
Kuhn Carl, Beamter a. D., III., Salmgasse 10 . . . 2

fl.

Kunz Eduard, Eisenbahn-Beamter, IV., Heumühlg. 6/II . . 2
Kunz Walter, Kaufmann, I., Schottengasse 3 2
Kutschera Johann, erzherzogl. Zahlmeister, III., Beatrixgasse 29 5
Laad Johann (Calderara und Bankmann), VI., Gumpendorferstrasse 62 2
Lachnit Johann, Ritter v., Dr., Advocat in Brünn . . 2
Lacom Carl, Musikalienhändler, I., Tuchlauben 7 . . 2
Lasser Carl, Ritter v. Zollheim, k. k. Oberbaurath, in Mautern bei Krems 2
Lassnigg Josef, k. k. Hofrath, I., Schottenhof . . . 5
Latzko Moriz, Beamter, I., Kantgasse 6 2
Lawner Jacob, Börse-Agent, I., Esslinggasse 4 . . . 5
Lechner, Frau v., I., Fleischmarkt 1 2
Lechner, Fräulein v., I., Fleischmarkt 1 2
Lechner Ferdinand, erzherzogl. Industrialbeamter, III., Neulinggasse 12. 2
Lechner Ludwig, Beamter des k. k. Versatzamtes, I., Spiegelgasse 2
Lederer Adolf Ernst, Privatier, sammt Familie, IV., Schwindgasse 17 5
Lehmann Robert, erzherzogl. Industrialbeamter, III., Neulinggasse 12 2
Leissring Wilhelm, Bildhauer, IV., Belvederegasse 29 2
Leitenberger Friedrich, Freiherr v., Fabriksbesitzer, I., Parkring 16 10
Lemberger polytechnischer Verein 2
Le Monnier Fanny v., Polizei-Präsidentens-Witwe, I., Tuchlauben 24 2
Le Monnier Franz, Ritter v., Dr., k. k. Ministerial-Vicesecretär, I., Tuchlauben 24 5
Lewandowski Rudolf, Dr., k. k. Regimentsarzt, Docent der Naturwissenschaften am Officierstöchter-Institut in Hernals, Carlsgasse 40 2
Leyrer Ernest, Dr., Hof- und Gerichtsadvocat, I., Wollzeile 5 2
Lhotsky Johann, k. k. Ober-Bergrath im Ackerbau-Ministerium 2
Lichtblau Anton, Dr., k. k. Notar zu Warnsdorf in Böhmen 2
Liebig Paul, Beamter der Kaiser Ferdinands-Nordbahn, II., Nordbahnhof 5
Lihotzky Erwin v., Subdirector der Staats-Eisenbahn, IV., Heugasse 34 2

	fl.
Linner A., Secretär, I., Naglergasse 1	2
Lippert Bertha, Freiin v., IV., Apfelgasse 6 . . .	5
List Franz, Kaufmann, II., Taborstrasse 17	2
Litochleb Cajetan, Nordbahnbeamter, III., Hörnesgasse 1	2
Litzken Otto, fürstlich Metternich'scher Director, III., Rennweg 23	2
Lobmayer Ludwig, k. k. Hof-Glaswaarenfabrikant, I., Kärntnerstrasse 19.	5
Löschnigg Alfred, Communal-Lehrer, I., Wipplingerstrasse 31	2
Lössl Friedrich, Ritter v., Oberingenieur, sammt Familie, Währing, Anastasius Grüngasse 35	5
Löw Alois, Besitzer und technischer Leiter der Glasmalerei von E. Geyling's Erben, VI., Windmühlgasse 22	2
Löw Bernhard, Geschäftsführer, I., Augustinergasse 3	2
Lorenz Josef Rom., Ritter v. Liburnau, Dr., k. k. Ministerialrath, III., Beatrixgasse 25/II	2
Lorenz Ludwig, Ritter von Liburnau, Dr., III., linke Bahngasse 7	2
Ludwig Ernest, Dr., k. k. Univ.-Prof. etc., VIII., Albrechtsplatz 1	5
Lukesch Willibald, Sparcassabeamter, IV., Weyringergasse 24	5
Lukesch Sophie, dessen Frau Gemalin, IV., Weyringergasse 24	5
Luksch Josefine, Fräulein, Bürgerschullehrerin, VII., Myrthengasse 16	2
Luksch Leopoldine, Fräulein, Schulinhaberin, I., Mehlmarkt 1	2
Luzansky Carl, Beamter, IV., Hauptstrasse 27 . . .	2
Luzenberger-Milnernsheim Augusto de, Mediciner, VIII., Wickenburggasse 23	2
Mac-Caffry Sidonie, Comtesse, IV., Alleegasse 35 .	2
Mais Franz, k. k. Finanzrath des Central-Taxamtes, II., Taborstrasse 27	2
Maiss Eduard, Professor, IV., Mayerhofgasse 5 . . .	2
Majer Marie, Fräulein, I., Wallfischgasse 10	2
Maletz Louise, Fräulein, Lehrerin, III., Gärtnergasse 7	2
Malnay-Mirzomski de Landskron Julius, Schiffsinspector der Donau-Dampfschifffahrts-Gesellschaft, III., Löwengasse 19	2
Mandelbaum Albert, I., Franz Josefs-Quai 25 . . .	2
Mannsfeld Josef, Graf, I., Zedlitzgasse 8	10

fl.

Marcelli Clementine geb. v. Hassinger, Frau, VIII., Lenaugasse 10 5
Margulics Anna, Frau, Fabrikantensgattin, IV., Technikergasse 5/II 2
Marischler Norbert, Badinspector in Teplitz, Böhmen 2
Markowitz Josef, Beamter, VII., Burggasse 51. . . 5
Markus Tobias, I., Babenbergerstrasse 5 2
Markus, Frau, I., Babenbergerstrasse 5. 2
Marquet Victor, Edler v., III., Marokkanergasse 5 . 2
Martini Clotilde, Fabrikantensfrau, sammt Familie, Hernals, Carlsgasse 6 5
Mathes Johann, Sparcassabeamter, II., Kleine Sperlgasse 7. 2
Matiegka Wilhelm, Ritter v., k. k. Rechnungs-Assistent, III., Marokkanergasse 3 2
Matuschka Johann, II., Leopoldsgasse 22 2
Mauer Hans, Studirender, Brünn, Neugasse 10 . . . 2
Maurus Eduard, Edler v. Wagburg, k. k. Major a. D., II., Rothensterngasse 20 2
Mauthner Ludwig, I., Fichtegasse 2 5
Mayer August, Dr., IX., Berggasse 20 5
Mayer Carl, Beamter, VII., Sigmundsgasse 1 2
Mayer Carl, k. k. Major a. D., III., Barichgasse 21 . 2
Mayer Josef, öffentl. Gesellschafter der Firma Joh. Grillmayer & Söhne und k. k. Landwehr-Oberlieutenant, I., Maximilianstrasse 9 2
Mayer Theodor, Ramplach bei Neunkirchen, N.-Oesterr. 2
Mayssen Betty, Fräulein, Hernals, Bergsteiggasse 9 . 5
Melcher Alfred, IV., Louisengasse 23/I 2
Metternich Richard, Fürst von, k. k. Geheimer Rath, Herrenhausmitglied, III., Rennweg 27 20
Metze Johann, Verwalter des fürstl. Schwarzenberg'schen Holzgeschäftes in Prag, Altstadt 872/I 2
Metzner Heinrich, Assecuranz-Bureau, I., Weihburggasse 4. 2
Meyer, Frau, IV., Heumühlgasse 18/II 2
Michel Ludmilla, Fr., in Hernals, Palffygasse 13 . . 2
Milde Minna v. Helfenstein, Fräulein, I., Stadiongasse 6 und 8 5
Militärwissenschaftlicher und Casino-Verein, I., Strauchgasse 5
Militärwissenschaftlicher Verein in Pressburg 2
Miller Heinrich v., Dr., III., Heumarkt 13 2

fl.

Mondschein Julius, IX., Günthergasse 1 2
Monsé Ferdinand, Edler von, k. k. Hauptmann im X. Artillerie-Regiment, Arsenal, Caserne 12 2
Moravecz Rudolf, Magistratsbeamter, IV., Karolinengasse 23 2
Mosel Anton, Dr., k. ungar. Bergrath, in Klausenburg 2
Much Mathias, Dr., Secretär der Anthropolog. Gesellschaft, VIII., Josefsgasse 6 2
Müller Gustav, k. k. Militär-Verpflegs-Verwalter in Triest 2
Müller Hugo, Oekonom, I., Grünangergasse 1 . . . 2
Musil Eduard, Central-Director der Neusiedler Papierfabriks-Gesellschaft, I., Tuchlauben 6. 5
Nadler Friedrich, Beamter der Staatsbahn, IX., Berggasse 17 2
Nechansky Karl, fürstl. Kinsky'scher Gutsverwalter in Vejwanovic, Post Hrochow-Teinitz, in Böhmen . . . 2
Nejedly Rudolf, Sparcassabeamter, X., Herndlgasse 11 2
Neufeldt Gustav v., Fabriksbesitzer, I., Bauernmarkt 13 10
Neumann Bernhard, VI., Magdalenenstrasse 75 . . . 2
Niessner Johann, Beamter, Fünfhaus, Mariahilfer-Gürtel 33 2
Niksic Mathias, Beamter der Union-Baugesellschaft, Währing, Johannesgasse 7 2
Nitzelberger Alfred, Benedictiner-Ordenspriester und Professor, I., Schottenhof 2
Noot Otto, Kaufmann, I., Lothringergasse 15 2
Nowotny Eduard, k. k. Ministerial-Rechnungsrath a. D., III., Reisnerstr. 14 2
Nowotny, Frau, Rechnungsrathswitwe, Giesshübel bei Mödling 48 2
Oberhollabrunner Realschule und Obergymnasium 2
Obermayer Carl, IX., Alserbachstrasse 4 2
Oberwimmer Ferdinand, Baumeister, Währing, Carl Ludwiggasse 35 2
Olbrich, Markscheider zu Ober-Waldenburg in Preuss.-Schlesien 2
Oppolzer Theodor, Ritter von, Med.-Dr., k. k. Hofrath, Univ.-Professor, VIII., Alserstrasse 25 5
Oppolzer Cölestine, Edle von, dessen Frau Gemalin, VIII., Alserstrasse 25 5
Osswald Eduard, Escomptebank-Beamter, VII., Halbg. 23 2

fl.

Pachner Anton, Freiherr v. Eggenstorf, k. k. wirkl. Hofrath und Cabinets-Secretär Sr. Majestät des Kaisers, k. k. Truchsess, I., Freiung 6 5
Palme Raphael, Sparcassabeamter, VI., Marchettig. 18 2
Paris Carl, k. k. Oberpost-Controlor im Handelsministerium, Währing, Kreutzgasse 14 2
Pavellič Georg, k. k. Feldmarschall-Lieutenant a. D., VIII., Tulpengasse 3 5
Perger Bezirkslehrerschaft (Oberlehrer Franz Kirchberger in Perg) in Oberösterreich 2
Pernitzer A., Weinhändler, X., Himbergerstrasse 60 . 2
Pernter Josef, Dr., Adjunct an der k. k. meteorologischen Centralanstalt, Döbling, Hohe Warte 2
Pesta August, k. k. Ministerialsecretär, VI., Rahlgasse 3 2
Peter Josef, k. k. Ministerial-Oberingenieur, II., Carmelitergasse 8 5
Petermann H. E., Dr., Schriftsteller, III., Sofienbrückenstrasse 9 2
Petter Carl, Haupt-Cassier der Ersten österr. Sparcassa, I., Friedrichstrasse 6 2
Pfaff Carl, Ingenieur und Fabriksbesitzer, I., Reichsrathsstrasse 31 2
Pfliger Ignaz, Privatier, I., Operngasse 16 2
Pfob Em., Dr., Hof- u. Gerichtsadv., I., Bäckerstrasse 9 2
Pfungen Eduard, Freiherr v., k. k. Ministerialrath a. D., I., Grünangergasse 2/II 5
Piatrik v. Lanzenberg Ladislaw, k. k. Major a. D., III., Heumarkt 17 2
Pichler Ludwig, k. k. Ministerial-Rechnungsrath i. P., in Salzburg, Steingasse 38 2
Pielsticker Ludwig, Freiherr von, k. k. Feldmarschall-Lieutenant i. P., IV., Wohllebengasse 6 5
Pierre Victor, Dr., Professor an der k. k. technischen Hochschule, IV., Wohllebengasse 14 5
Pineles Friedrich, II., Novaragasse 44 2
Piringer Mathias, Lehrer, IV., Freundgasse 2 . . . 2
Pissling Wilhelm, Ritter v., k. k. Statthaltereirath in Prag, Wenzelsplatz 43 5
Pleischl Adolf, Fabrikant, VII., Zieglergasse 51 . . 2
Plössl, k. k. Hofoptiker, IV., Goldegggasse 6 . . . 2
Plohn Sigmund, Dr. der Medicin, I., Maximiliansplatz 4 2
Podrazky Franz, Secretär der böhm. Montan-Gesellschaft, I., Schottenring 2 2

fl.

Pöschl Julius, kön. ung. Landes- und Gerichts-Advocat, IV., Heugasse 60 2
Pokall Marie, Fräulein, Neulerchenfeld, Hauptstr. 18 2
Pokorny Alois, Dr., k. k. Regierungsrath und Gymnasial-Director, II., Kleine Sperlgasse 2 5
Pošepny Franz, k. k. Bergrath und Professor, in Přibram, Böhmen 2
Pošepny Clotilde, dessen Frau Gemalin, in Přibram . 2
Preininger Clementine, III., Ungargasse 42 2
Preininger Edmund, k. k. Arcierengarde und Rittmeister, III., Ungargasse 42 2
Pretis-Cagnodo, Freiherr v., k. k. Geheimer Rath, Minister a. D., Statthalter in Triest 10
Preu Christof, Kaufmann, IX., Währingerstrasse 16 . 2
Prokesch Anton, Inspector der Nordbahn, Oberdöbling, Gemeindegasse 9 2
Prosel Betty, Fräulein, VIII., Landesgerichtsstrasse 3 2
Prusenovsky T., I., Maria Theresienstrasse 30/I . . 2
Pserhofer Richard, Apotheker, I., Singerstrasse 15 . 5
Puchberger Adolf, Beamter der österr.-ungar. Bank, I., Regierungsgasse 10 2
Pulz Marie, Fräulein, IV., Wohllebengasse 1 . . . 2
Ransonet-Villez Carl, Freiherr v., k. k. Geheimer Rath, Sectionschef a. D., I., Singerstrasse 30 . . . 5
Rassmann Moriz, Hörer der Staatsrechnungswissenschaft, Währing, Herrengasse 4 2
Rath Paul, Professor, fürsterzbischöflicher Notar, fürstlich Metternich'scher Museumsdirector und Bibliothekar, III., Rennweg 23 5
Raubal Adolf, Ingenieur der Nordwestbahn, II., Conradgasse 3. 2
Reder Albert, Dr. und Professor, I., Herrengasse 12/I 5
Reder Marie, Fräulein, VII., Mechitharistengasse 8/II 2
Reich Paul, III., Barichgasse 17 2
Reichel Friedrich, Stadtbaumeister, IV., Wienstrasse 3 2
Reinlein Marie, Freifrau von Marienburg, I., Löwelstr. 12 2
Reitlechner Carl, Dr., k. k. Professor an der k. k. önologischen Lehranstalt in Klosterneuburg 2
Richard Heinrich, Professor, I., Ballgasse 5 2
Richter Josef, I., Canovagasse 7 5
Richter, dessen Frau Gemalin, I., Canovagasse 7 . . 5
Riedl Josef, k. k. Oberrechnungsrath, I., Wollzeile 13 . 2
Riemann Carl, Beamter der Südbahn, IV., Rainerg. 16 2

fl.

Riemann Eleonora, dessen Frau Gemalin, IV., Rainergasse 16 2
Riemerschmied Adolf, Fabrikant, IV., Weyringergasse 7 5
Ritschel Dominik, Privatier, II., Asperngasse 3 . . 2
Rösgen v. Floss Carl, k. k. Feldmarschall-Lieutenant a. D., IV., Victorgasse 8 5
Rösner Friedrich Stefan, Controlor der Nordbahn, Wiener Nordbahnhof 2
Rössler Leonhard, Dr., k. k. Professor und Vorstand der k. k. chemisch-physiologischen Versuchsstation in Klosterneuburg 2
Rogenhofer Alois, Custos des k. k. Hof-Naturaliencabinets, VIII., Josefstädterstrasse 19 2
Rohrwasser Eduard, Schätzmeister des k. k. Versatzamtes, IX., Nussdorferstrasse 25 2
Rosswinkler, Fräulein, IV., Carlsgasse 22 5
Rothschild Albert, Freiherr v. 30
Rothschild Alphons, Freiherr v. 30
Rothschild Nathaniel, Freiherr v. 30
Rott Hanns, Studirender, II., Taborstrasse 17 2
Rotter Bonifacius, commerc. Inspector der Südbahn, IV., Rubensgasse 9 2
Rumler Franz, Edler v. Aichenwehr, k. k. Ministerialrath, IV., Hauptstrasse 40/I 2
Rumpf Jacob, Dr., k. k. Schulrath und Gymnasial-Professor, IV., Untere Alleegasse 30 5
Ruthner Philipp, Beamter der Unionbank, I., Bäckerstr. 9 2
Sacken Theodor, Freiherr v., k. k. Sectionschef, I., Babenbergerstrasse 7 2
Sakalarides Demeter, Med. Dr., I., Schellinggasse 6/II 2
Sallaba Louise, Frau, IV., Heugasse 60 2
Sauer Alois, k. k. Archivsofficial im Herrenhause, IX., Berggasse 4 2
Sauer Josef, k. k. Postcontrolor, IX., Währingerstrasse 22 2
Sauerländer Johann Jacob, I., Kärntnerring 13 . . 5
Schäftner Leopold, Stadt-Steinmetzmeister beim Bau der k. k. Hofmuseen 2
Scharschmid-Adlertreu Franz, Freiherr v., Dr., k. k. Landesgerichts-Präsident a. D., Herrenhausmitglied, III., Beatrixgasse 30 2
Schaubmaier Adolf, Beamter der Donau-Dampfschifffahrts-Gesellschaft, II., Untere Donaustrasse 47 . . 2

fl.

Schauenstein Anton, Ritter v., k. k. Ministerialrath a. D., IV., Floragasse 3 5
Schaumburg-Lippe Wilhelm Carl August, Prinz, erbliches Herrenhausmitglied, k. k. Oberst, Güterbesitzer, zu Nachod in Böhmen 10
Scheid Georg Adam, Gold- und Silberwaarenfabrikant, VI., Gumpendorferstrasse 42 2
Schell Anton, Dr., Professor der k. k. technischen Militär-Akademie, IV., Margarethenstrasse 25/III . . 2
Schenk Johann, k. k. Gymnasial-Professor, III., Marokkanergasse 3 2
Schernhorst Ferdinand, Buchbinder, III., Ungarg. 36 2
Schiff Max Theodor, I., Amalienstrasse 6 5
Schiff Paul Theodor, Banquier, IV., Favoritenstrasse 20 5
Schiffner-Hassenstab R., II., Czerninplatz 7 . . . 5
Schilcher Theodor, Hofrichter, Baromlák in Ungarn, Comorner Comitat (nächst Udvárd) 2
Schiller Friedrich, k. k. Ministerial-Rechnungsbeamter, III., Ungargasse 25 2
Schimke, v., geb. Baronin Klein, II., Praterstrasse 42/II 10
Schindler Adalbert, k. k. Oberlieutenant, IV., Victorgasse 25 2
Schindler Carl, Professor, I., Kleeblattgasse 13 . . 2
Schindler Eduard, Inspector der Staatsbahn, VIII., Piaristengasse 15 2
Schleifer Carl, I., Ebendorferstrasse 8 2
Schlinger, I., Tuchlauben 24 2
Schlosser Theodor, Dr., Apotheker, IV., Hauptstrasse 60 2
Schmidt Franz, Vorstand-Stellvertreter bei der Ersten österr. Sparcassa, II., Rothe Kreuzgasse 8 2
Schmidt Wilhelm, Zahnkünstler, III., Seidelgasse 18 . 2
Schmidt, Frau, k. k. Gymnasialdirectorsgattin, I., Christinengasse 6.
Schmidt Marie, Fräulein, I., Christinengasse 6.
Schmidt Rudolf, I., Christinengasse 6.
Schneider Hermann, Beamter der Staatsbahn . . . 2
Schneider Josef, Fabrikant, IV., Hauptstrasse 60 . . 2
Schönthoner Josef, Vorstand-Stellvertreter bei der Ersten österr. Sparcassa, VIII., Laudongasse 47 . . 2
Schönwald Adolf, Buchhalter, IX., Porzellangasse 11 2
Schönwald Josef, Ritter v. Bingenheim, k. k. Sectionschef a. D., I., Plankengasse 6 5

fl.

Schöppl Gottlieb, Beamter der österr.-ungar. Bank, III., Hauptstrasse 84 2
Schram Robert, Dr., Observator der k. k. österr. Gradmessung, I., Lazzenhof 2
Schreiber Eleonora, Fräulein, I., Klostergasse 3 . . 2
Schuchart August, Vice-Präsident der alpinen Montan-Gesellschaft, IV., Schwindgasse 1 5
Schückher Wilhelm, I., Hegelgasse 13 5
Schückher Marie, Frau, I., Hegelgasse 13 5
Schückher Wilhelmine, Fräulein, I., Canovagasse 7 2
Schüler Friedrich Julius, Dr., General-Director der Südbahn, I., Kohlmarkt 11 5
Schulz von Strasznitzki Louise Dorothea, Frau, V., Wehrgasse 17 2
Schulz v. Strasznitzki Marie, Fräulein, IV., Pressg. 14/I 2
Schuhmann v. Kantzeck Emilie, Frau, IV., Schwindg. 16 5
Schuppler Josef, Edler v., k. k. Oberstlieutenant u. Commandant der Militär-Unterrealschule in Eisenstadt 2
Schusser Marie, Fräulein, IX., Mariannengasse 12 . 2
Schwarz v. Mohrenstern, Privatier, II., Praterstr. 23 . 5
Schwarz Carl, Freiherr v., k. k. Baurath, IV., Carlsg. 20 10
Schwarz v. Meiler Eduard, Freiherr v., k. k. Feldmarschall-Lieutenant a. D., I., Freiung 1 5
Schwarz-Senborn Wilhelm, Freiherr v., Geheimer Rath etc., IX., Wasagasse 13 2
Schwendenwein Ritter v. Lananberg August, k. k. Oberbaurath und Hofarchitekt, I., Kolowratring 9/I 10
Seckendorf-Gudent Arthur, Freiherr v., Dr., k. k. Regierungsrath und Professor an der k. k. Hochschule für Bodencultur, VIII., Tulpengasse 3 2
Sederl Arnold, III., Reisnerstrasse 51 2
Sederl Josef sen., Steinmetzmeister, III., Reisnerstr. 51 5
Sedlaczek Ernst, k. k. Oberst, Archivar des militär-geographischen Institutes, VIII., Buchfeldgasse 18 . . 2
Seegen Josef, Dr. der Medicin, k. k. Universitäts-Professor, I., Liebenberggasse 7 2
Semlitsch Victor, Edler v., k. k. Ingenieur, IX., Alserstrasse 18/I 2
Semrad Ferdinand, k. k. jub. Oberbaurath, III., Salesianergasse 25 10
Siess Carl jun., I., Singerstrasse 23 5
Simony Oscar, Dr. und Professor an der Hochschule für Bodencultur, III., Salesianergasse 13 5

fl.

Sitzler Oscar v., Beamter der Donau-Dampfschifffahrts-Gesellschaft, II., Darwingasse 34 5
Skoda Franz, Ritter von, Dr. der Medicin, k. k. Hofrath a. D., VIII., Skodagasse 12 5
Slawek Josef, Sparcassabeamter, IV., Kettenbrückgasse 12 2
Smoluchowsky Wilhelm, k. k. Hofrath und Cabinetssecretär Sr. Majestät, IV., Favoritenstrasse 20 . . . 5
Sochor Eduard, Ritter v. Friedenthal, k. k. Hofrath, General-Director der Carl Ludwigbahn, Reichsraths-Abgeordneter, I., Kärntnerring 7 5
Spieske Theodor, Geschäftsinhaber, I., Börseplatz 14 2
Spitzer Ludwig, II., Tempelgasse 7 2
Springer Ed., Sparcassabeamter, Lilienbrunngasse 15 2
Stadler Anton, k. k. Hauptmann und Administrator am k. k. önologischen Institut in Klosterneuburg . . . 2
Stadler Victor, k. k. Oberlieutenant im Arsenal, k. k. Cadettenschule 2
Stadler Wilhelm, Beamter der Vers.-Ges. „Janus", I., Heinrichshof, Opernring 3 2
Stahl-Almasy Louise v., Frau, I., Klostergasse 3 . . 2
Steinbach Eduard, III., Beatrixgasse 26 2
Steindachner Franz, Dr., Director des k. k. zoolog. Hofmuseums etc., I., Kohlmarkt 20 2
Steinmassler Carl, Eisenbahnbeamter, IX., Universitätsstrasse 10 2
Stella Hubert, Beamter der Bodencreditanstalt, Obermeidling, Bischofgasse 14/I 2
Stern Victor, I., Börsegasse 1 5
Stiasny Josef, Beamter, III., Fasangasse 45 2
Stockert Franz, Ritter v., k. k. Regierungsrath und Central-Inspector der Nordbahn, II., Circusgasse 45 . 5
Stöckl Anton, k. k. Regierungsrath, II., Asperngasse 3 5
Stöger Victor, k. k. Hofzahlamts-Adjunct, IV., Margarethenstrasse 44 2
Stössl Adolf, Dr. der Medicin, VII., Mariahilferstr. 64 2
Strack F., k. k. Oberstlieutenant, I., Grünangergasse 1 2
Streicher Friederike, Frau, I., Opernring 29 . . . 5
Strohmayer Josef, Oberingenieur im k. k. Ministerium des Innern, sammt Familie, IX., Sensengasse 5 . . 5
Stummer August, Beamter der Staatsbahn, I., Schwarzenbergstrasse 17 2
Stummer Josef, Ritter v. Traunfels, k. k. Regierungsrath etc., I., Elisabethstrasse 1 5

	fl.
Stumpf Leopoldine, III., Beatrixgasse 11	2
Suess Adolf, Studirender, II., Novaragasse 49 . . .	2
Suess, Frau, Reichsraths-Abgeordneten- und k. k. Univ.-Professorsgattin, II., Novaragasse 49	5
Suida Albert, Chemiker, in Neunkirchen	2
Syřiště Alois, Rathssecretärs-Adjunct, I., Justizpalais .	2
Szilva Marie, Fräulein v., I., Singerstrasse 23 . . .	5
Szombathy Josef, Custos im k. k. naturhistorischen Hofmuseum, VII., Bernardgasse 3	2
Sztojánovits de Laczunás Georg, Freiherr v., Conceptspraktikant bei der bosnischen Landesregierung in Sarajewo	2
Tagleicht Carl, Bürger, k. k. Hofschlosser, II., Czerningasse 6	2
Tandler Josef, Ritter v. Tanningen, k. k. Ministerialrath a. D., III., Ungargasse 27	5
Taub, Med. Dr., I., Fleischmarkt 22	2
Teufel Georg, V., Kliebergasse 13	2
Thalwitzer Carl, fürstl. Liechtenstein'scher Verwalter, I., Krugerstrasse 1	2
Thom Franz, k. k. Gymnasial-Professor, IV., Favoritenstrasse 15	2
Thomas Peregrin, akadem. Maler, IX., Pfauengasse 7	2
Topscher Gustav, Dr., k. k. Notar, III., Hauptstr. 21	5
Toula Franz, Dr., Professor an der k. k. technischen Hochschule, sammt Familie, VII., Kirchengasse 19 .	5
Trautmann Carl, Ritter v., Oberdöbling, Alleegasse 3	2
Trautmann Bertha, Frau v., dessen Gemalin, Oberdöbling, Alleegasse 3	2
Trenck Heinrich, Freiherr v. Tonder, I., Seilerstätte 5	25
Tretter von Trittfeld Aurelia, Fräulein, I., Wildpretmarkt 2/IV	2
Trönle Ludwig, k. k. Rechnungsrevident, VIII., Lerchenfelderstrasse 39/II	2
Tschida Arthur, Paks in Ungarn, Tolnaer Comitat .	2
Tustanowski Adam, Ritter von, k. k. Hilfsämter-Director im Ministerium des Aeusseren, II., Obere Augartenstrasse 36	5
Ullrich Carl, k. k. Verpflegs-Official, VI., Eszterhazyg. 4	2
Vaczulik Conrad, Südbahn-Inspector, Directionsgebäude am Südbahnhof	2
Valduga Caroline, Fräulein, I., Gonzagagasse 11 . .	2
Valduga Clement, Cassier, I., Gonzagagasse 11 . .	2

fl.

Valduga Isidor, I., Gonzagagasse 11 2

Valduga Wilhelmine, Fräulein, I., Gonzagagasse 11 . 2

Velitchkovitch D., Beamter der Anglo-österreichischen Bank 2

Vöcklabrucker Bezirks-Lehrerschaft (Schulleiter J. Rauch in Vöcklabruck) 2

Wächtler Caroline, Fräulein, IV., Untere Alleeg. 31 2

Wächtler Marie, Fräulein, IV., Untere Alleegasse 31 2

Wagner Adolf, VI., Hirschengasse 3. 2

Wagner Franz, Edler v., I., Rothenthurmstrasse 35 . 2

Walther-Burg Anton, Freiherr v., k. k. Oberst und Commandant der 17. Infanterie-Brigade, Prag, Mariengasse 29 5

Walzel, Frau, I., Habsburgergasse 5. 2

Waněk Josef, Dr., Hof- und Gerichts-Advocat, I., Bognergasse 15 2

Wangemann Paul, Lehrer an der Realschule I. Ordnung zu Sprottau in Preuss.-Schlesien 2

Warmholz Marie, Fräulein, I., Amalienstrasse 6 . . 2

Washington Max, Freiherr v., Gutsbesitzer, Herrenhausmitglied, Schloss Pöls bei Wildon in Steiermark 5

Weber Johann, Beamter der Wechsels. Brandschaden-Versicherungs-Gesellschaft, I., Bäckerstrasse 26 . . 2

Weber Johann, I., Strauchgasse 3 2

Weber Moriz, VIII., Florianigasse 51 2

Weinberg J. L., Privatier, I., Kolowratring 3 . . . 5

Weinberger Isidor, Inspector der Staatsbahn, III., Oetzeltgasse 3 2

Weinberger Marie, Fräulein, III., Oetzeltgasse 4. . 2

Weiss Albert, Kaufmann, I., Deutschmeisterplatz 3 . 2

Weiss Albert, Dr. der Med., III., Salesianergasse 8 . 2

Weiss Edmund, Dr., k. k. Univ.-Professor etc., Director der Sternwarte in Währing 5

Weiss Ferdinand v. Schleussenburg, k. k. Oberstlieutenant a. D., IV., Hauptstrasse 49 5

Weiss Heinrich v. Schleussenburg, k. k. Generalmajor a. D., in Graz 5

Weiss Oscar, k. k. Rechnungsbeamter im Ackerbau-Ministerium, I., Rudolfsplatz 2

Welzel Eugen, Rechnungsrevident im k. k. Finanzministerium, II., Springergasse 11 2

Widmann F., Ritter v., Privatier, I., Stefansplatz 6 . 2

Widmann Antonie v., Frau, I., Stefansplatz 6 . . . 2

fl.

Wiedmann Philipp, Grosshandlungs-Cassier, I., Schottenbastei 5 2
Wiener Ed. Ritter v. Welten, Grosshändler, I., Schwarzenbergstrasse 15 10
Wierzbicki Joh., k. k. Senats-Präsident des Obersten Gerichts- und Cassationshofes, VIII., Tulpengasse 6 5
Wilczek Hanns, Graf, k. k. Geheimer Rath, Herrenhausmitglied, I., Herrengasse 5 10
Willigk Helene, Frau, I., Elisabethstrasse, Heinrichshof 4/II 2
Wimmer Ambros, Aichungsbeamter i. P., IV., Hundsthurmerstrasse 2 2
Winiwarter Max, Ritter v., Dr., Hof- und Gerichtsadvocat, I., Singerstrasse 13 5
Winiwarter Georg, Ritter v., Fabriksbesitzer und Ingenieur, in Graz, Elisabethstrasse und Subackergasse, Ecke 2
Winter J., in Altmannsdorf 2
Wittgenstein Fanny, Gutsbesitzersgattin, III., Salesianergasse 2 5
Witzleben Julius, Freiherr v., k. k. Hauptmann im militär-geographischen Institute, VII., Burggasse 24 . 2
Wlassak Amalie, Edle v., Adjunctens-Gattin, IV., Margarethenstrasse 6 2
Wodizka Victor, Beamter der Staatsbahn, I., Schwarzenbergstrasse 17 2
Woldřich Johann, Dr. und Professor am k. k. akad. Gymnasium 2
Wolf Guido, Ritter v., zu Zelitz in Ungarn 2
Wolfinau Carl, Com., VII., Ulrichsplatz 4 2
Woschitzki Franz, I., Giselastrasse 1 2
Wotruba, k. k. Oberstlieut., IV., Grosse Neugasse 11 5
Wührer Franz, Prokurist, V., Kleine Neugasse 15 . . 5
Zecha Julius, Effecten-Cassier der Ersten österr. Sparcassa, Unterdöbling, Herrengasse 23 2
Zellner Leopold, k. k. Regierungsrath, Professor und Generalsecretär der Gesellschaft der Musikfreunde, I., Musikvereinsgebäude 5
Zenker Franz, Ministerialconcipist im k. k. Justizministerium, I., Schillerplatz 4 2
Ziegler Arthur, Studirender, III., Reisnerstrasse 12 . 2
Zinner Carl, Magistratsrath, VII., Lerchenfelderstr. 39 2
Zipfl Franz, Dr. der Med., II., Taborstrasse 14 . . . 2

	fl.
Zirin Heinrich, Kaffeesieder, IV., Margarethenstrasse 51	2
Zocha Theodor, Mechaniker, IV., Hauptstrasse 59 .	2
Zsilla Emilie, Frau, III., Heumarkt 5	2

Zahl der Mitglieder am 17. März 1886:

Ehrenmitglieder	1
Ordentliche Mitglieder	503
Unterstützende „	179
Zusammen . .	683

Gestorbene Vereins-Mitglieder

im 26. Vereinsjahre 1885/86:*)

Demmer Rudolf, Eisenbahnbeamter.
Helm Josef, Ritter von, k. k. Hofrath.
Hofmann Leopold, Freiherr von, General-Intendant der k. k. Hoftheater etc.
Imhof Moriz, Freiherr von, fürstl. Rath.
Jahne Franz, Bureauchef der Staatseisenbahn.
Koller Adolf, Staatsbahn-Inspector a. D.
Langer Carl, Ritter von Landsberg.
Mantey Caroline, Fräulein.
Meissner Anton, k. k. Regierungsrath und Rechnungsrevisor unseres Vereines.
Schimke Johann, Ritter von, kais. Rath.
Stöckl Marie, Frau, Regierungsrathsgattin.
Wodianer von Kapriora Moriz, Freiherr von, Präsident der k. k. Börsekammer.

*) Insoweit Todesfälle zur Kenntniss der Vereinsleitung gelangten.

Neu eingetretene Vereins-Mitglieder:

Beranek Johanna von Bernhorst, Frau, Untervorsteherin am k. k. Officierstöchter-Institut zu Hernals.
Berwerth Emilie, Frau.
Bibliothek der k. k. technischen Hochschule in Wien.
Chiodi Johann, Papierfabrikant.
Gränzer Josef, Lehrer.
Guggenberger Moriz, Beamter der Ersten österreichischen Sparcassa.
Hemmel Josef.
Hoch Sidonie, Frau von.
Hoch Julie, Fräulein von.
Horowska Irene, Fräulein.
Hrouzek Johann, Ministerialsecretär im k. k. Justizministerium.
Kahane Marie, Fräulein.
Kaltenbrunner Franz.
Karl Agnes, Frau von, sammt Familie.
Kossmahl Anna, Fräulein.
Liebig Paul, Beamter der Kaiser Ferdinands-Nordbahn.
Lippert Bertha, Freiin von.
Lössl Friedrich, Ritter von, Oberingenieur.
Mac-Caffry Sidonie, Comtesse.
Milde Minna von Helfenstein, Fräulein.
Petermann H. E., Dr., Schriftsteller.
Rassmann Moriz, Hörer der Staatsrechnungswissenschaft.
Schückher Wilhelmine, Fräulein.
Schwarz-Senborn Wilh., Freiherr von, Geheimer Rath etc.
Steinbach Eduard.
Strak F., k. k. Oberstlieutenant.

Strohmayer Josef, Oberingenieur im k. k. Ministerium des Innern.

Syřiště Alois, Rathssecretärs-Adjunct.

Welzel Eugen, Rechnungsrevident im k. k. Finanzministerium.

Winter J.

Zenker Franz, Ministerial-Concipist im k. k. Justizministerium.

Die Angabe der Wohnungen und der Jahresbeiträge der Neueingetretenen sind im Verzeichnisse der Mitglieder zu ersehen.

Der Mond und das Wetter.

Von

D^R. J. M. PERNTER.

Vortrag, gehalten den 4. November 1885.

Nehmen Sie vor Allem die beruhigende Versicherung entgegen, dass mich alle Poesie des Mondlichtes nicht hinreissen wird, mich vor Ihnen in Mondscheinphantasien zu ergehen. Ich werde mich sogar nicht einmal auf das verlockende Gebiet astrologischer Deutungen verlieren und Erörterungen darüber vermeiden, ob und von welcher Bedeutung es für Sie ist, im ersten oder im letzten Viertel geboren zu sein, ob es Glück bedeutet, das erste articulirte Wort bei Vollmond gesprochen zu haben, und was das Schicksal Jener sein wird, welche ihren ersten freien Schritt bei Neumond gethan.

Anders freilich steht es mit jenen Handlungen, zu welchen man sich nach freiem Willen entschliesst. Dass es in solchen Fällen nicht gleichgiltig ist, in welcher Mondphase man dies oder jenes thut, wissen Sie aus der Kinderstube. Der Landmann weiss sehr wohl:

„Was man bei Mondes Wachsen sät,
Dasselbe meist in Kraut aufgeht;
Was man bei Mondes Abnahm' sät,
Dasselbe meist zur Wurzel geht."

Die Haare darf man sich nur bei wachsendem, beileibe nicht bei abnehmendem Monde, die Hühneraugen nur bei abnehmendem schneiden lassen. Hat Jemand

ein neues Haus gebaut, so soll er nur bei Neumond, nie bei abnehmendem Mond in dasselbe einziehen; das Geld soll man bei Neumond zählen und soll den wachsenden Mond nie in den leeren Geldbeutel hineinschauen lassen. Für unverheiratete Mädchen ist es von höchster Wichtigkeit, dass sie ja nicht am dritten Tage nach Vollmond Hochzeit halten, denn dieser Tag ist, wie Hesiod uns lehrt, „unwillfährig den Mädchen, um glückliche Ehe zu schliessen“. Es ist selbstverständlich mein wohlgemeinter Rath, dass Sie sich an diese Regeln halten.

Wenn aber der Mond schon alle unsere Lebensverhältnisse in solchem Maasse beeinflusst, so kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass er auf das Wetter einen womöglich noch entschiedeneren Einfluss ausübt. In der That ist es eine alte Wetterregel: „Quarta, quinta qualis, tota lunatio talis“.

„Wie das Wetter ist am vierten, fünften Tag,
So den ganzen Monat es wohl bleiben mag.“

Und es ändert nichts an der Richtigkeit dieser Regel, dass sie wohl auch statt des vierten und fünften den dritten und vierten setzt; ein Tag auf oder ab macht ja keinen so grossen Unterschied, und wenn man den dritten, vierten und fünften nimmt, so bieten drei Tage immer mehr Auswahl als zwei. Jedermann weiss auch, dass das Wetter sich bei Neumond ändert, jedenfalls aber bei Vollmond. Es ist wiederum nur ein Vorzug dieser Regel, dass sie sich auch auf das erste und letzte Viertel bezieht, und wenn man näher zusieht, so findet man sogar, dass sie von so allgemeiner Giltigkeit ist,

dass sie sich auch auf die Octanten bezieht; sehr gründliche Beobachter dürften sogar entdeckt haben, dass sie sich auf jeden Tag beziehe, wodurch ihre Brauchbarkeit beträchtlich gewinnen würde. Wie dem immer sei, so viel ist gewiss, dass der Einfluss des Mondes auf das Wetter allgemein anerkannt ist, und diese allgemeine Anerkennung findet ihren Ausdruck in dem Spruche: „Der Mond ist des Bauern Kalender."

Dieser uralte Glaube an den Mond als Wettermacher sollte aber geprüft werden durch strenge wissenschaftliche Untersuchungen und so zu einem begründeten Wissen werden. Als die Newton'schen Entdeckungen klar gezeigt hatten, dass der Mond Ebbe und Fluth erzeuge, lag es nahe, ihm auf die Atmosphäre einen ähnlichen Einfluss zuzuschreiben wie auf das Meer, und die Folge dieses Einflusses sollte sich im Wetter erkennbar machen. Giuseppe Toaldo, Professor der Astronomie und Meteorologie an der Universität zu Padua, fällt der Ruhm zu, der eigentliche Begründer der Mondmeteorologie, wenn ich so sagen darf, zu sein. Obwohl vor ihm d'Alembert, Lambert, Paolo Frisi und Andere glaubten dargethan zu haben, dass der Einfluss des Mondes auf den Barometerstand, und folglich auf das Wetter, unmerklich sein müsse, stellte Toaldo auf Grund fünfzigjähriger Beobachtung ein ganzes System der Mondmeteorologie auf, in einer Schrift, die von der Akademie in Montpellier preisgekrönt wurde und deren Sätze bald allgemeine Verbreitung und viele auch gelehrte Anhänger fand. Er

stellte 14 sogenannte Mondpunkte auf, und jeder dieser Punkte sollte einen verändernden Einfluss auf das Wetter besitzen. Diese 14 Mondpunkte waren Vollmond, Neumond, erstes und letztes Viertel, die vier Octanten, das Apogäum und Perigäum, die zwei Aequatordurchgänge und die zwei Mondeswenden. Man hatte also jetzt 14 wirksame Punkte innerhalb 29 oder 30 Tagen. Was will man noch mehr! Jeden zweiten Tag hat man einen Grund für den Wetterwechsel; bleibt das Wetter constant, so ist dafür leicht ein Grund zu finden: entweder ist der betreffende Mondpunkt überhaupt ein schwachwirkender, oder wenn er ein starkwirkender ist, nun so hat man ja noch die verschiedenen Stellungen des Mondes zur Sonne, um die Schwächung der Wirkung zu erklären; und genügt das auch nicht, so sucht man nach weiteren Ursachen, von denen eine im Satze liegt: Keine Regel ohne Ausnahme. Toaldo hat sich die Mühe gegeben, die Fälle zu zählen, wie oft sich das Wetter in seinen Mondpunkten geändert hat und wie oft nicht. Ich citire diese kurze Tabelle aus der preisgekrönten Schrift: „Witterungslehre für den Feldbau“, Seite 90:

	verändert	unverändert
Neumond	950	156
Vollmond	922	174
Erstes Viertel	796	376
Letztes Viertel	795	319
Perigäum	1009	169
Apogäum	961	226
Aufsteigende Nachtgleiche	541	184

	verändert	unverändert
Absteigende Nachtgleiche .	519	184
Südliche Mondwende . . .	521	177
Nördliche Mondwende . . .	526	186

Man erfährt hieraus, was man auch sonst wohl gewusst hätte, dass sich für jeden Mondpunkt das Wetter in unseren Breiten öfter ändert als constant bleibt; und hätte Toaldo ohne Rücksicht auf den Mond jeden einzelnen Tag des Jahres darauf untersucht, so würde er das gleiche Resultat erhalten haben. Wir können ihm daher nur Recht geben, wenn er als ersten Satz seiner Wetterlehre ausspricht (Seite 121): „Wenn der Mond in Conjunction, in Opposition oder in der Quadratur mit der Sonne, oder in einem von seinen Absiden, nämlich im Perigäum oder Apogäum oder in einem der vier Cardinalpunkte des Thierkreises ist, so macht er wahrscheinlicher Weise eine merkliche Veränderung im Dunstkreise und einen Wechsel der Witterung"; wir möchten nur beifügen: oder wenn der Mond in sonst irgend einer Stellung sich befindet. Das ist es ja eben, was das Wetter in unseren Breiten charakterisirt: die beständige Veränderlichkeit desselben. Im Durchschnitt von vielen Jahren wird jeder Tag öfter Witterungswechsel bringen, als das Wetter unverändert lassen. Der ganze Zusammenhang liegt eben darin, dass bei uns das Wetter ebenso veränderlich ist wie der Mond. Man braucht aber nur in südlichere Breiten zu gehen, um sich zu überzeugen, wie falsch diese Regel ist, und wie überflüssig es ist, dort

von der Veränderlichkeit des Wetters mit den Mondpunkten zu sprechen, wo das Wetter in steter Reihenfolge im Jahre durch Monate constant so und dann constant anders ist. Wir wollen uns daher bei diesen evident falschen Resultaten Toaldo's nicht länger aufhalten, und allen Jenen nachträglich unser Bedauern über ihre nutzlose langwierige Arbeit[1]) ausdrücken, welche nach ihm ähnliche Untersuchungen ausführten, ob sie nun zu einem bestätigenden oder, wie viele, zu einem nichts beweisenden Resultate gelangten.

Es ist diese Frage heute auch unter den Gelehrten verstummt. Wir wissen heute, dass die Witterung direct von den Winden abhängt, die uns treffen, und weiter diese wiederum von der Lage des niedrigsten Luftdruckes gegen unsern Wohnort. Mit anderen Worten: die wissenschaftliche Untersuchung hat es über allen Zweifel erhoben, dass unser Wetter von den Cyklonen beherrscht wird, die in nicht zu fernen Gegenden sich bilden und vorüberziehen.

Die Frage kann also heute nur mehr die sein: „Hängt die Bildung der Cyklonen und ihr Fortschreiten vom Monde ab, oder wird letzteres wenigstens vom Monde beeinflusst?"

Ich möchte diese Frage eine sehr wichtige nennen: erstens, weil ihre Bejahung von unberechenbarem Ein-

---

[1]) Man lese hierüber das ausführliche Capitel in Dr. van Bebber's: Handbuch der ausübenden Witterungskunde, „über den Einfluss des Mondes auf unsere Atmosphäre", pag. 72 ff.

flusse auf die Wetterprognose wäre; zweitens, weil gerade in unseren Tagen man sich herausgenommen hat, der wissenschaftlichen Untersuchung zu Trotz oder wenigstens ihrem endgiltigen Spruche vorgreifend, die Frage zu bejahen und für sie, wie für eine völkerbewegende politische oder sociale Idee, ohne wissenschaftliche Begründung Propaganda zu machen. Ich muss daher die Beantwortung dieser Frage, in wieweit sie gegenwärtig beantwortet werden kann, gründlich anfassen und bitte Sie hierbei um eine angespannte Aufmerksamkeit.

Der Mond beschreibt um unsere Erde, diese als ruhend gedacht, eine elliptische Bahn. Er nähert sich der Erde bis auf 49.000 und entfernt sich von ihr bis auf 52.000 Meilen. Stellen Sie sich nun in dem Brennpunkte der elliptischen Mondbahn die Erde vor, die sich um ihre Achse dreht, während der Mond sie umkreist. Die Einwirkung des Mondes auf unsere Atmosphäre (denn die allein interessirt uns hier) stellt sich nun ähnlich dar wie bei der Fluth des Meeres. Die Sache streng genommen, ist es eine Verminderung der Schwerewirkung auf die Luftmassen, so dass also der Luftdruck am kleinsten werden muss, wo die Mondesfluth im Maximum ist. In Folge der Umdrehung der Erde macht diese Mondesfluth und somit der kleinste ihr entsprechende Luftdruck einen Umlauf um die Erde, der natürlich in Bezug auf die Grösse der Luftdruckabnahme je nach dem Breitenunterschiede des Mondortes und des Beobachtungsortes verschieden ist,

und in den höheren Breiten, ja schon in unseren mittleren Breiten recht unbedeutend wird. Die kleinste Fluthwelle und daher die geringste Luftdruckabnahme umkreist die Erde, wenn der Mond in der Erdferne sich befindet; während er sich nähert, wird diese Fluthwelle immer grösser, bis sie in der Erdnähe ihr Maximum erreicht. Dieses Anwachsen oder Abnehmen kann etwas verkleinert oder vergrössert werden dadurch, dass die Sonne schwächend oder verstärkend mitwirkt. Denn auch die Sonne bewirkt eine Fluthwelle für sich, welche bei Vollmond und Neumond zur Verstärkung der vom Monde herrührenden Fluthwelle beiträgt, letztere aber in den Quadraturen oder Vierteln schwächt.

Sehen wir nun zunächst zu, was diese Mondfluth der Atmosphäre hervorbringt, indem wir unterdessen von ihrer Grösse ganz absehen und Jedem es anheimstellen, dieselbe sich so gross als es beliebt auszumalen. Die Hauptwirkung oder die allgemeine Wirkung ist eine constante, die von der Existenz des Mondes abhängt, und diese Wirkung ist zugleich das an sich Grösste in der Fluth; die Grösseschwankungen der Fluth, die durch die Erdnähe und Erdferne, sowie das Zusammenfallen oder Kreuzen der Sonnenwirkung bedingt sind, sind dagegen von untergeordneter Bedeutung. Die Hauptwirkung ist also continuirlich da, und dem entsprechend müsste diese vor Allem fühlbar sein, und erst in zweiter Linie als Modificationen der regelmäs-

sigen Einflüsse der Hauptwirkung könnten die Schwankungen der Fluthgrösse in Betracht kommen. Ich insistire hierauf, da die neueren Vertheidiger des Mondeinflusses dies ganz aus dem Gesichte verloren zu haben scheinen. Die Hauptwirkung, die Fluthwelle, ist immer vorhanden und umkreist in Folge der Axendrehung täglich die Erde. Wenn diese Fluthwelle für sich, selbst wenn sie am kleinsten ist, keine Wirkung hervorbringt, so wird es schon sehr unwahrscheinlich, dass die geringe Zunahme der Fluth in Folge der gegenseitigen Stellungen von Sonne, Mond und Erde noch einen solchen Einfluss hervorbringen kann.

Was sagen nun die Beobachtungen? Folgende Zusammenstellung dürfte viel beitragen zur Beleuchtung dieser Frage. Die Zahlen der Tabelle geben den Luftdruck in Abweichungen vom Mittel in Millimetern (siehe van Bebber pag. 118).

	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
Mühlheim . . .	—0·38	+0·38	+0·53	—0·18
Prag	+0·68	+0·34	+0·29	+0·07
Viviers	—0·05	—0·07	—0·21	+0·88
Paris	+0·10	0·00	—0·07	+0·53
Karlsruhe . . .	+0·16	—0·09	—0·75	+0·91
Strassburg . .	+0·27	—0·05	+0·39	+0·44
Berlin	+1·10	+0·67	—0·09	—0·02
Gotha	+0·39	—0·50	—0·57	+0·68
Greenwich . .	—0·40	+0·46	—0·39	+0·03
Guinea.	+0·20	+0·11	—0·04	—0·02
Batavia	—0·11	—0·02	+0·03	+0·06

Diese paar Beispiele genügen, um darzuthun, dass die Beobachtungen die widersprechendsten Resultate liefern und dass höchstens Eines sich daraus ergibt: dass der Barometer im Perigäum am niedrigsten steht. Aber auch dieser einigermassen beglaubigte Unterschied ist so gering, dass man ihm jede Aenderung des Einflusses des Mondes auf die Entstehung und Verbreitung der Cyklonen absprechen muss, besonders wenn man bedenkt, dass die Aenderung des Luftdruckes continuirlich vor sich geht und um diese kleine Differenz von einigen Zehntel Millimetern zu erreichen, 15 Tage braucht. Es ist einfach unfassbar, was da geschehen sollte. Die Fluthwelle umkreist täglich die Erde und wächst im Laufe eines halben Monates um einen sehr kleinen Bruchtheil an und nimmt eben so viel, wiederum nicht plötzlich, sondern während eines halben Monats, ab.

Dazu kommt nun aber, dass selbst die Grösse dieser einigermassen aus den Beobachtungen constatirten Luftdruckzunahme sehr zweifelhaft wird, wenn man bedenkt, worauf Wüllerstorf-Urbair aufmerksam gemacht hat, dass alle Beobachtungen mit dem Quecksilberbarometer gemacht werden. Dieses erleidet eben den gleichen Einfluss des Mondes auf die Schwere des Quecksilbers wie die Luft; das Quecksilberbarometer ist daher gar nicht geeignet, die Schwereabnahme der Luft, d. h. die Verringerung des Luftdruckes durch den Mond erkennen zu lassen. Alle Discussionen von Barometerbeobachtungen in dieser Richtung können daher zu keinem Resultate führen.

Zu diesem Resultate sind bisher Alle gelangt, welche in echt wissenschaftlicher Weise die ganze diesbezügliche Literatur durchforschten, und das ist das Facit, das auch wir ziehen: Aus den Beobachtungen des Barometers lässt sich kein Mondeinfluss constatiren.

Und wenn eine gewichtige Stimme die fragliche Sache noch plausibler machen kann, so hören wir Laplace: „Es ist wahrscheinlich, dass die Mondfluth den täglichen Gang des Barometers zur Zeit der Syzygien verkleinere und zur Zeit der Quadraturen vermehre, aber innerhalb solcher Grenzen, dass diese Fluth die Höhe des Barometers nicht mehr als um $^{1}/_{18}$ Millimeter abnehmen oder zunehmen machen kann" (Mécanique céleste, T. V, livre XIII, p. 187).

Um die Geringfügigkeit eines solchen Wechsels der Mondfluthgrösse recht deutlich zu erkennen, muss man beachten, dass der Einfluss der Erwärmung der Luft durch die Sonne in ihrem Betrage selbst in unseren Breiten den dieser Veränderlichkeit um mehr als das Neun- und Zehnfache übersteigt. Die Periode in Folge der Erwärmung verdeckt daher diesen Mondeinfluss derart, dass er uns absolut unerkennbar werden muss.

Wie soll man sich nun den Einfluss der Mondwirkung auf Entstehung und Verbreitung der Cyklonen vorstellen? Am besten gar nicht, denn er existirt nicht. In der That ist die Fluth eine tägliche Erscheinung, und es müsste sich daher eine Mond-Tagesperiode in dem Entstehen und Fortschreiten der Cy-

klonen entdecken lassen. Davon ist keine Spur vorhanden. Wenn aber die ganze Fluth nicht zur Wirkung gelangt, wird dann die kleine Schwankung der Fluthwelle diese Wirkung auf einmal haben? Es gibt curiose Leute genug auf der Welt, und so könnte es auch solche geben, die diese Frage bejahen. Da es sich aber dabei darum handelt, die Vergrösserung des barometrischen Gefälles um $^{1}/_{18}$ Millimeter und nicht die Vertiefung um $^{1}/_{18}$ Millimeter in Paris zu betrachten, so wird dies selbst der kühnste Missachter aller mechanischen Grundlehren nicht zu behaupten wagen.

Und nun sehen wir uns einmal an, wie die neuen Propheten des Mondeinflusses vorgingen und -gehen, um nicht vielleicht mit dem geheimen Zweifel nach Hause zu gehen, dass die eben etwas entdeckten, worauf Andere keine Rücksicht nahmen. Falb, Overzier, Friesenhof sind die Vertreter der Mondmeteorologie. Overzier behandelt seine Weisheit als Arcanum, Geheimwissenschaft — wir können daher über ihn nichts sagen, als dass dies sehr vorsichtig ist. Falb behauptet einfach, dass das Culminiren verschiedener „Fluthfactoren“ die stärkste Wirkung hervorbringen müsse; Falb beruft sich auf das Eintreffen der Erdbeben zu den kritischen Zeiten, und doch wurde ihm so deutlich schon wiederholt gezeigt, dass es Einbildung von ihm sei, zu glauben, weil ein oder das andere Erdbeben zu besagter Zeit eingetreten, auch die Mehrzahl der übrigen in dieser Zeit sich ereignete. Die Zusammenstel-

lungen aller Erdbeben während verschiedener Monate fällt fast durchwegs zu Ungunsten der Falb'schen Behauptung aus. Friesenhof hat sich die Einwirkung der Fluthfactoren recht lebhaft vorgestellt und den einzelnen Fluthfactoren dem entsprechend Werthe beigelegt, „die zwar fingirt“ sind, aber um so mehr die persönliche Werthschätzung derselben erkennen lassen.

Er setzt die „Fluthkraft des Meridiandurchganges von Sonne und Mond“ z. B. mit 120, die des Vollmondes mit 90 und die des ersten Viertels mit 30 an; das ist die kleinste. Wenn da dann einige „Fluthfactoren“ ihre Fluthkräfte vereinigen und „zugleich culminiren“, so erhält man recht stattliche Ziffern; wer wollte solchen Zahlen gegenüber bezweifeln, dass es sich da um einen sehr bedeutenden Einfluss handle? Sehen Sie, so täuscht man sich selbst. [1]) Möchten diese Herren sich mehr Gründlichkeit sowohl in ihren Anschauungen als Objectivität und treue Genauigkeit in

---

[1]) Friesenhof hat seine Art des Vorganges den Meteorologen darzulegen gesucht (siehe Meteorol. Zeitschrift, 1. Jahrg., pag. 367) — das war lobenswerth. Er hat seine Anschauungen über Meteorologie in einer eigenen „Wetterlehre“ für das grosse Publicum hinterlegt — das war sehr überflüssig. Er hält aber, trotzdem es ihm auf allen Punkten misslungen ist, die Richtigkeit seines Vorgehens zu beweisen, seine Anschauungen aufrecht und verbreitet in seiner „Wetterlehre“ die verkehrtesten physikalischen und meteorologischen Phantasien — und das ist schädlich. Es scheint ihm durchaus der so nothwendige Indifferentismus gegen bestimmte Theorien bei seinen Beobachtungen zu fehlen.

der Beobachtung der wirklichen atmosphärischen Erscheinungen angewöhnen, sie könnten manch Nützliches schaffen!

Was sagen wir also über den Mondeinfluss auf das Wetter?

Dass er weder auf die Veränderlichkeit des Wetters, noch auf die Cyklonen nachweisbar oder erkennbar ist. Aber auch in Betreff der übrigen meteorologischen Elemente hat man sich die Mühe gegeben, zu versuchen, ob solch ein Einfluss nicht irgendwo sich zeige. Aber weder Regen, noch Bewölkung, noch Wind zeigten sich nach den genauesten und objectivsten Beobachtungen und Untersuchungen merklich vom Monde abhängig.

Wenn daher der Mond einen Einfluss auf das Wetter hat, ist er gewiss sehr gering und muss erst noch nachgewiesen werden. Ich weiss, dass die Macht eines in der Kindheit eingeprägten Vorurtheiles Sie vielleicht theilweise verhindern wird, mit diesem Schlusse einverstanden zu sein, und dass mir daher Einige von Ihnen sagen werden: „Ja, der Mond soll freilich keinen Einfluss haben; er hat aber doch einen.“ Hierauf antworte ich: „Ja gewiss, er hat einen, aber welchen, das weiss Gott.“

Die Nährstoffe der Pflanzen.

Von

JOSEF BOEHM,

Doctor der Philosophie und Medicin, o. ö. Professor der Botanik an der Universität und an der Hochschule für Bodencultur in Wien.

Vortrag, gehalten den 11. November 1885.

Mit Demonstrationen.

Von den 71 chemischen Elementen, welche die Erde bilden, betheiligen sich nur wenige an dem Aufbaue der so mannigfach gestalteten Pflanzen- und Thierwelt. Einen wesentlichen Bestandtheil sämmtlicher Organismen bildet das Wasser (H_2O). Beim Verwesen und Verbrennen von Pflanzen, deren chemische Elementarbestandtheile wir heute betrachten wollen, bleibt nur ein verhältnissmässig kleiner Rest als Asche zurück.

Die morphologischen Elemente des Pflanzenleibes sind geschlossene oder in offener Verbindung stehende Bläschen, — Zellen oder Gefässe, deren mehr oder weniger dicke Wände vorzüglich aus Cellulose bestehen. Die Cellulose besteht aus Kohlenstoff und Wasser ($C_6 H_{10} O_5$). Beim Verwesen oder Verbrennen verbindet sich der Kohlenstoff mit dem Sauerstoffe der Luft zu Kohlensäure. Kohlensäure und Wasser sind auch die Stoffe, aus denen nicht nur die Cellulose, sondern, wenigstens theilweise, jede organische Substanz gebildet wird. Die wunderbaren Laboratorien, in denen dies ausschliesslich geschieht, sind die grünen Pflanzenzellen. — Die Träger des grünen Farbstoffes sind bei allen höher organisirten Gewächsen die sogenannten Chlorophyllkörner. In der Mehrzahl der Fälle ent-

halten diese Körner Stärke, welche verschwindet, wenn die Pflanzen während einiger Zeit verdunkelt werden und welche bei darauffolgender Belichtung wieder auftritt. Auf Stärke gibt es ein sehr empfindliches Reagens; sie wird, wie Sie sehen, mit Jod blau. Ebenso verhalten sich grüne stärkehältige Blätter, nachdem dieselben früher mittelst Alkohol, in welchem der grüne Farbstoff gelöst wird, entfärbt wurden. Waren die Blätter aber vorher während einiger Zeit verdunkelt, so bleiben sie bei gleicher Behandlung farblos.

Ich habe hier Blätter der Feuerbohne, des Maulbeerbaumes und des Flieders, auf welchen mit dunklen Lettern in scharfen Zügen das Wort „Stärke" zu lesen ist. Dieses Wort wurde auf die Blätter nicht geschrieben, sondern photographirt. Es geschah dies so: Nachdem die Blätter während drei Tagen verdunkelt und somit entstärkt waren, wurden sie mit dieser Schablone bedeckt, in kohlensäurehältiger Luft dem Lichte ausgesetzt und dann in obiger Weise behandelt. Die verdunkelten Partien blieben stärkefrei und in Jodtinctur farblos, während sich die Chlorophyllkörner der belichteten Stellen mit Stärke füllten. Diese Partien erscheinen nun dunkel. Der Versuch gelingt nur mit grünen Blättern, und in kohlensäurefreier Luft würden auch diese stärkefrei und in Jodtinctur farblos bleiben. Hiermit ist bewiesen, dass Stärkebildung 1. nur in chlorophyllhältigen Organen, 2. nur in kohlensäurehältiger Luft, und 3. ausschliesslich unter dem Einflusse

des Lichtes erfolgt. — Stärkehältige Pflanzen werden also im Dunkeln entstärkt. Wohin kommt nun die Stärke? Sie wird in Zucker umgewandelt und dieser wandert in die verschiedenen Pflanzenorgane, um theils zur Athmung, theils zur Neubildung verwendet oder in irgend einer Form als Reservenahrung abgelagert zu werden. Die verbrennliche Wandsubstanz sämmtlicher Pflanzenzellen, die Stärke in den Kartoffeln und in Früchten, der Zucker in den Rüben, die Oele in Samen etc. wurden in chlorophyllhältigen Zellen erzeugt. Alle chlorophylllosen Pflanzen und Pflanzentheile und sämmtliche Thiere sind bezüglich ihrer organischen Baustoffe auf die chlorophyllhältige Zelle angewiesen.

Ein anderes chemisches Element, welches keiner Zelle fehlt und sich gleich dem Kohlenstoffe in der Asche nicht findet, ist der Stickstoff. Stickstoff bildet einen constituirenden Bestandtheil der Eiweisssubstanzen und diese bilden einen wesentlichen Bestandtheil jeder vegetabilischen und thierischen Zelle. Eiweisssubstanzen werden aber nur von ersteren erzeugt. Woher nehmen nun die Pflanzen den hierzu nöthigen Stickstoff?

Die Atmosphäre enthält in hundert 79 Volumtheile Stickstoff. Es ist aber zweifellos, dass der Stickstoff nicht als freies Gas, sondern nur in Verbindung mit Wasserstoff oder Sauerstoff von den Pflanzen assimilirt werden kann. — Beim Verwesen der Eiweisssubstanzen spaltet sich der Stick-

stoff derselben als Ammoniak ab, welches in die Luft entweicht oder im Boden durch Intervention von Bakterien in salpetersaure Salze übergeführt wird. Einen wesentlichen vegetabilischen Nährstoff bilden also die stickstoffhältigen Zersetzungsproducte des Pflanzen- und Thierleibes. — Sowie bei dem Kohlenstoffe findet also auch bei dem von den Pflanzen assimilirbaren Stickstoffe ein continuirlicher Kreislauf statt. Während aber die atmosphärische Luft, obwohl relativ arm an Kohlensäure, doch selbst den schnellwüchsigsten Pflanzen mehr von diesem Gase bietet, als sie bei normaler Entwicklung verarbeiten können, ist hingegen die Menge der sich aus verwesenden Eiweisssubstanzen entbindenden und von den Pflanzen assimilirbaren Stickstoffverbindungen selbstverständlich eine beschränkte. Dazu kommt noch, dass bei der Verwesung und besonders bei der feurigen Verbrennung ein Theil des gebundenen Stickstoffes als freies Gas entweicht. Und dann fragt es sich: Woher haben denn die Ahnen unserer Vegetation ihre Stickstoffnahrung genommen? Diese scheinbaren Widersprüche und Räthsel finden ihre Lösung durch die Thatsache, dass das sehr indifferente Stickgas die Eigenschaft hat, durch Vermittlung des elektrischen Funkens sich mit Wasserstoff und Sauerstoff zu verbinden. Durch den Blitz wird also der Stickstoff der Luft in eine von den Pflanzen assimilirbare Form übergeführt.

Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff sind also die chemischen Elemente, welche

keiner, wenigstens keiner jugendlichen Zelle fehlen. Diesen gegenüber bildet die Asche nur einen kleinen Theil, der wieder hinsichtlich seiner Menge nicht nur bei verschiedenen Individuen derselben Art mit dem Alter und Standorte, sondern selbst bei verschiedenen Organen desselben Individuums in relativ weiten Grenzen schwankt. Am aschereichsten sind, unter sonst gleichen Verhältnissen, alte Blätter. Es ist dies auch sehr begreiflich. Die Aschenbestandtheile werden ja aus dem Boden aufgenommen und bleiben beim Verdunsten des Wassers, was vorzüglich in den Blättern geschieht, in diesen zurück.

Es fragt sich nun: Sind die Aschenbestandtheile zum Aufbaue der Pflanze nothwendig, bilden sie einen integrirenden Bestandtheil der vegetabilischen Zellen oder finden sie sich nur deshalb in den Pflanzen, weil sie zufällig in dem Bodenwasser, das von den Wurzeln aufgesaugt wird, gelöst sind? — Durch zahlreiche Analysen wurde festgestellt, dass gewisse Bestandtheile sich in jeder Pflanzenasche finden, während das Vorkommen anderer selbst bei verschiedenen Individuen derselben Art durch den Standort bedingt ist. Diese Aschenbestandtheile sind also, wenn sie auch sehr häufig vorkommen, für den Aufbau der Pflanze nicht nothwendig. — Die Zahl der nie fehlenden Aschenbestandtheile ist eine äusserst geringe. Es sind dies Calcium (und die dies stets begleitende Magnesia), Kalium, Schwefel und Phosphor. Daraus aber, dass diese Elemente in keiner Pflanzenasche fehlen,

folgt noch gar nicht, dass sie auch für den Aufbau der Pflanzen nothwendig sind; ihr ausnahmsloses Vorkommen könnte ja auch dadurch bedingt sein, dass sie in jedem Boden sich finden, auf dem aus irgend welchen anderen Gründen ein Pflanzenwuchs überhaupt möglich ist. In der That hielt man bis vor kaum einem halben Jahrhunderte die Asche für einen zufälligen Bestandtheil der Pflanze und schrieb ihr höchstens eine ähnliche Rolle zu wie den Gewürzen bei unserer Verdauung. Erst im Jahre 1842 wurde durch Culturversuche in Böden, welchen lösliche Aschenbestandtheile fehlten, festgestellt, dass bei Ausschluss der letzteren das Wachsthum der Pflanzen alsbald unterbleibt. Von der Richtigkeit dieser Thatsache kann man sich leicht überzeugen. In destillirtem Wasser gehen Keimpflanzen nach kurzer Zeit zu Grunde, während sie sich bis zur Fruchtreife entwickeln können, wenn in dem Wasser eine geringe Menge der genannten Aschenbestandtheile, von denen jedoch keiner fehlen darf, gelöst wird.

Die Anwesenheit von Kalium, Calcium, Schwefel und Phosphor im Boden oder in der Nährstofflösung ist also eine „Conditio sine qua non" jeder Pflanzenentwicklung. Es fragt sich nun: in welcher Form finden sich diese Elemente in der Pflanze und welche Rolle spielen sie bei der Entwicklung derselben?

Die Zellen sehr vieler Pflanzen enthalten Krystalle von Kalksalzen; es gibt aber auch viele Gewächse, denen dieselben vollständig fehlen. Die Function

dieser Krystalle, beziehungsweise die Ursache ihrer Bildung ist ganz unbekannt. — Schwefel bildet einen integrirenden Bestandtheil der Eiweisssubstanzen. — Phosphor, ein Element, ohne welches sich keine Pflanze entwickeln kann, und das selbst in den fruchtbarsten Böden nur in beschränkter Menge vorkommt, findet sich merkwürdiger Weise nicht in Verbindung mit irgend einem Zellbestandtheile, sondern als phosphorsaures Salz in den Zellsäften gelöst. — In Verbindung mit Kalk bildet die Phosphorsäure einen wesentlichen Bestandtheil der Knochen, und bekannt oder vielmehr berüchtigt ist die Phrase: „Ohne Phosphor kein Gedanke". In dem Centralnervensysteme findet sich der Phosphor in dem sogenannten Lecithin, einer organischen Substanz, welche auch in Pflanzenzellen gefunden wurde.

Auch das als vegetabilischer Nährstoff unentbehrliche Kalium findet sich in Verbindung mit Säuren ebenfalls in den Zellsäften gelöst und dessen Function ist, sowie die des Phosphors noch völlig unbekannt. In Verbindung mit Kohlensäure liefert das Kali die Pottasche, welche aus Holzasche gewonnen wird. Bemerkenswerth ist es, dass das Kali durch das ihm chemisch so nahe verwandte Natron, welches sich in reichlicher Menge in den früher zur Gewinnung von Soda (kohlensaurem Natron) verwendeten Meerespflanzen findet, nicht ersetzt werden kann. — Werden derbere Pflanzentheile auf dem Platinbleche verbrannt, so erhält man ein vollständiges Skelet der Zellwände. Dieses Skelet besteht je nach der Art des Pflanzentheiles ent-

weder vorzüglich aus Kieselsäure oder aus Kalk. Culturversuche haben jedoch gezeigt, dass Pflanzen, welche reich an Kieselsäure sind, z. B. Gräser, in geeigneter Nährstofflösung bis zur Fruchtreife vollkommen kieselsäurefrei gezogen werden können. Kieselsäure, so häufig dieselbe auch in der Pflanzenasche vorkommt, ist somit kein, wenigstens kein absolut nothwendiger vegetabilischer Nährstoff. Anders scheint dies bei den Diatomaceen, einzelligen Algen, zu sein, deren Wand fast nur aus Kieselsäure besteht. — Eine hochwichtige Rolle beim Aufbaue der Pflanzenzelle spielt hingegen der andere Bestandtheil des Zellwandskeletes, der Kalk. Auch über die Function dieses Nährstoffes wusste man bis vor Kurzem nichts. Erst neuere Versuche haben gelehrt, dass der Kalk beim Aufbaue der vegetabilischen Zellwand in ähnlicher Weise fungirt wie in Verbindung mit Phosphorsäure bei der Umwandlung der Knorpel in Knochen.

Sie sehen hier zwei Gruppen von gleich alten, aber sehr ungleich stark entwickelten Keimpflanzen der Feuerbohne. Die üppig entwickelten wurden in gewöhnlichem, die kleinen in destillirtem Wasser gezogen. Bei ersteren sind die Keimblätter schon stark verschrumpft und die Stengelspitzen noch im Längenwachsthume begriffen, während bei letzteren die Cotylen noch ganz prall, die Stengelenden vermorscht und abgestorben sind. Dieser auffallende Unterschied in der Entwicklung ist durch den Kalkgehalt des gewöhnlichen Wassers bedingt. In destillirtem Wasser,

welchem irgend ein Kalksalz, z. B. Kreide zugesetzt wurde, entwickeln sich die Keimpflanzen ganz so wie im Brunnenwasser. In blos kalkhältigem Wasser dauert aber das Wachsen blos so lange, bis die in den Samen vorhandenen Reservestoffe verzehrt sind. Die junge Pflanze wird nämlich von der Mutter mit einer Mitgift ausgestattet, auf deren Kosten sie sich jene Organe entwickelt, die sie zu einer selbständigen Existenz befähigen. Wenn dies aber möglich werden soll, so muss der Same in einen Boden kommen, in dem er die zu einer weiteren gedeihlichen Entwicklung nothwendigen Mineralstoffe vorfindet. Mit diesen die Samen in grösserer Menge auszustatten, als für das erste Keimstadium erforderlich ist, wäre daher zwecklos und in der ganzen Natur hat alles Geschehen seine zwingenden Gründe. Der Kalk hat somit wenigstens theilweise eine wesentlich andere Aufgabe als die Gesammtheit der übrigen Nährstoffe. Während diese direct oder indirect nothwendig sind zur Bildung organischer Substanz, kann letztere nur unter Mitwirkung des Kalkes zum Aufbau der Zellwand verwendet werden. — In der unversehrten Zellwand lässt sich der Kalk nicht nachweisen; sie muss früher verascht werden, zum Beweise, dass derselbe mit der Cellulose nicht mechanisch gemengt, sondern organisch verbunden ist.

Ich habe hier eine andere Gruppe von Keimpflanzen der Feuerbohne, welche, sowie Kartoffeltriebe, die sich im Keller entwickelt haben, chlorophylllos sind. Diese Pflanzen wurden im Dunkeln gezogen, das Chloro-

phyll aber wird mit sehr wenigen Ausnahmen (den Keimpflanzen einiger Coniferen) nur unter dem Einflusse des Lichtes. Dunkelpflanzen brauchen auch kein Chlorophyll; die Zerlegung der Kohlensäure, wobei das Chlorophyll eine so wichtige Rolle spielt, erfolgt ja doch nur unter dem Einflusse des Lichtes. — Solche bei Lichtabschluss gezogene Pflanzen haben zudem einen ganz fremdartigen Habitus: die Stengel derselben werden, gleichsam als wollten sie das Licht suchen, sehr lang, während die Blätter, so wie bei chlorophylllosen Schmarotzerpflanzen, z. B. der Schuppenwurz, sehr klein bleiben. Die grünen Blätter fungiren in erster Linie als Assimilationsorgane; chlorophylllose Blätter nützen der Pflanze nichts. Das unter normalen Verhältnissen für die Blattbildung bestimmte Baumateriale wird bei im Dunkeln gewachsenen Pflanzen besser zur Stengelverlängerung verwendet, um es denselben vielleicht doch zu ermöglichen, das Licht zu erreichen. Solche im Dunkeln gezogene Pflanzen bezeichnet man als vergeilt (etiolirt). — Es können aber Pflanzen, welche unter normalen Verhältnissen grün sind, auch unter dem Einflusse des Lichtes chlorophylllos bleiben. Zur Bildung des Chlorophylls ist nämlich Eisen nothwendig. In Folge von Eisenmangel chlorophylllos gebliebene Pflanzen bezeichnet man, im Gegensatze zu den vergeilten, als bleichsüchtig (chlorotisch). Werden solche chlorotische Blätter mit einem Eisensalze bestrichen, so werden die betreffenden Stellen sofort grün, eine Erscheinung, welche um so auffäl-

liger und lehrreicher ist, als das Chlorophyll selbst eisenfrei ist.

Ausser den genannten Elementen finden sich, wie schon erwähnt, entsprechend der Bodenbeschaffenheit, in Pflanzenaschen noch eine Reihe anderer Mineralstoffe, welche aber für die Entwicklung der Pflanzen irrelevant sind. Die Asche der Meerespflanzen enthält Jod und Brom, deren Function jedoch völlig räthselhaft ist.

Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kalium, Calcium, Eisen, Schwefel und Phosphor sind also die chemischen Elemente, welche an dem Aufbaue der Pflanzen direct oder indirect participiren. Woher bezieht nun die Pflanze diese Stoffe? — Für den Kohlenstoff, welcher in Form von Kohlensäure von den Blättern, und nur von diesen aufgenommen wird, ist, wie schon erwähnt, der Gehalt der atmosphärischen Luft an dem genannten Gase (obwohl nur beiläufig $^1/_{30}$ Procent) eine unerschöpfliche Quelle. (Dass die Pflanzen auch Humus, d. h. kohlenstoffhältige Zersetzungsproducte des Pflanzen- und Thierleibes aufnehmen, glaubt heute wohl Niemand mehr.) — Die übrigen Nährstoffe werden vermittelst der Wurzeln aus dem Boden aufgenommen. In jedem Boden, auf welchem überhaupt Pflanzen wachsen, müssen die angeführten Elemente enthalten sein. Aber nicht auf jedem Boden gedeiht jede Pflanzenart. Die Natur und Organisation der Pflanzen, deren Mannigfaltigkeit im Laufe von Jahrtausenden sich aus einfachen Anfängen herausgebildet, ist eine

sehr verschiedene. Die einen gedeihen nur in einem warmen, andere in einem kalten Klima; die einen besonders in directem Sonnenlichte, andere nur im Schatten. Die einen lieben einen nassen, andere einen mehr trockenen Boden. Auf nackten Felsen siedeln sich, mit den bescheidensten Ansprüchen und fabelhafter Widerstandsfähigkeit gegen die mannigfachen Wechselfälle der Witterung, krustenartige Flechten als Pionniere für die Existenzbedingung höherer Gewächse an. Manche Pflanzen wachsen vereinsamt oder nur unter fremdem Schutze, andere trotzen vereint den stürmischen Elementen. Ueberall, wohin die nivellirende Hand des Menschen nicht reicht, ist Alles am rechten Platze, jede Art gedeiht in reichlicher Fülle oder wird von stärkeren oder schmiegsameren Concurrenten verdrängt. Ueberwältigend ist der Eindruck eines noch in seiner Jungfräulichkeit erhaltenen Urwaldes, und der einst so reichliche Pflanzenwuchs, dessen Reste für uns eine so hohe Bedeutung erlangt haben, war nur möglich vor dem siebenten Tage der Schöpfung.

Jedes chlorophylllose Lebewesen ist, wie wir sahen, durch seine Existenzbedingungen direct oder indirect auf die grüne Pflanze angewiesen. Mit der Zunahme der Bevölkerung, als die freien Gaben der Natur und das Wild des Waldes und der Flur zur Deckung seiner Bedürfnisse nicht mehr ausreichte, musste der Mensch die für sich und seine Hausthiere nothwendigen Pflanzen in entsprechender Menge und in Regionen cultiviren, welche weit ab vom Paradiese lagen.

Mit jedem Grashalme werden aber dem Felde Nährstoffe entzogen, durch deren Anwesenheit im Boden die Entwicklung desselben bedingt war.

Wenn durch andauernde Cultur einer bestimmten Pflanzenart der Gehalt des Bodens auch nur an einem Nährstoffe in einer der Pflanze zugänglichen Form bis zu einer gewissen Grenze gesunken ist, so ist jeder weitere Anbau dieser Art erfolglos. Auf einem Felde jedoch, welches für eine bestimmte Pflanzenart unfruchtbar ist oder geworden ist, kann eine andere Art ganz gut gedeihen. Es ist dies einerseits durch das in quantitativer Beziehung verschiedene Nährstoffbedürfniss und anderseits durch die Art der Bewurzelung und durch das Wahlvermögen der Pflanzen bedingt. Viele Pflanzen, z. B. Laubhölzer gedeihen vorzüglich nur auf Kalk. Stärke und zuckerreiche Pflanzen erfordern viel Kali, die Getreidearten viel gebundenen Stickstoff und Phosphor.

Ein gleiches Nährstoffbedürfniss wie das Getreide haben auch die hülsenfruchtartigen Pflanzen, z. B. Wicken, Erbsen, Bohnen und Lupinen, welche jedoch noch eine reichliche Ernte liefern auf einem Felde, das für Cerealien unfruchtbar geworden ist. Die genannten und mit ihnen verwandten Gewächse haben nämlich die Fähigkeit, sich noch Spuren des in der Ackerkrume enthaltenen assimilirbaren Stickstoffes anzueignen, welcher das Getreide nicht mehr habhaft werden kann. — Der Klee holt sich mit seinen tiefgehenden Wurzeln die Nährstoffe aus Schichten, welche

für die Wurzeln anderer Culturpflanzen unerreichbar sind. — Werden zwei gleich grosse Pflanzen verschiedener Art in derselben Nährstofflösung, also unter ganz identischen Bedingungen cultivirt, so nehmen sie von demselben Stoffe durchaus nicht die gleiche Menge auf. Die Pflanzen haben also auch ein Wahlvermögen. Durch dieses, sowie durch das specifische Nährstoffbedürfniss und durch die eigenartige Bewurzelung ist die Wechselwirthschaft bedingt.

Aber auch ein Boden, der alle vegetabilischen Nährstoffe in reichlicher Menge enthält, kann gleichwohl unfruchtbar sein.

Die so ungleich grossen Keimpflanzen der Feuerbohne in diesen zwei Töpfen sind gleich alt und wurden aus gleichartigen Samen gezogen. Die Erde in dem Topfe mit den grossen Pflanzen ist jedoch locker, die in dem anderen Topfe wurde fest zusammengestampft. Der ungleichen Entwicklung der oberirdischen Organe entspricht auch die Bewurzelung. Es läge nun nahe, anzunehmen, dass durch die in festem Boden weniger entwickelten Wurzeln den oberirdischen Organen die Nährstoffe nur in ungenügender Menge zugeführt wurden. Dass dem aber nicht so ist, wird durch diese gleichzeitig in Nährstofflösung cultivirten Pflanzen erwiesen, von denen die einen den anderen gegenüber Zwerge sind. Letztere wurden während der ganzen Cultur sorgfältig entwurzelt. Bei den Ersteren sind die Cotylen bereits ganz verschrumpft, während dieselben bei den Zwergen noch ganz prall sind. An Nährstoffen

fehlte es also den letzteren nicht. Wodurch ist nun deren kümmerliche Entwicklung eigentlich bedingt? Wir wissen es nicht. Wir können nur sagen, dass zwischen der Entwicklung der Wurzeln und des Stengels und der Blätter eine merkwürdige Correlation besteht, deren Ursache uns ebenso räthselhaft ist wie die der Thatsache, dass nach Entfernung der Hauptwurzel eine Seitenwurzel nach abwärts wächst, oder dass bei decapitirten Fichten einer der Quirläste sich aufrichtet und das Längenwachsthum des Baumes besorgt.

In der besten Humuserde bleibt eine Topfpflanze einer gleichartigen Freilandspflanze gegenüber, auch wenn diese in schlechtem Boden steht, immer ein Zwerg. Unsere Ringstrassenbäume sind nichts Anderes als solche Topfpflanzen, welche man, um sie zum schnelleren Wachsthum zu zwingen, durch die Erfahrung gewitzigt, hoffentlich nicht mehr ertränken wird, welche aber, bei der auch noch jetzt geübten Culturmethode in Setzgruben, zeitlebens krüppelhaft bleiben werden. Die Folgen der Wurzelparasiten, — der Rübennematoden und der Reblaus sind, wenigstens theilweise, gleichfalls sicher durch Correlation zwischen der Entwicklung der ober- und unterirdischen Organe bedingt.

Die Ursache der Unfruchtbarkeit eines an allen vegetabilischen Nährstoffen reichen Bodens kann auch eine andere sein. Damit die Aschenbestandtheile von den Wurzeln aufgenommen werden können, müssen sie

in bestimmter Form im Boden enthalten sein. In diese werden sie nach und nach umgesetzt durch Wasser und Kohlensäure. Es ist gerade nicht immer nothwendig, dass die mineralischen Nährstoffe, um von den Wurzeln aufgenommen zu werden, im Boden bereits gelöst sind. Diese Marmorplatte, welche den Boden eines Gefässes bildete, in dem Keimpflanzen der Feuerbohne in destillirtem Wasser cultivirt wurden, zeigt deutlich Abdrücke der Wurzelfasern. Durch die sauren Zellsäfte der letzteren wurde der Marmor theilweise gelöst. — Wenn ein Feld in Folge andauernder Cultur unfruchtbar geworden ist, so kann dasselbe also nach längerer Rast wieder fruchtbar werden. Während der Rast werden nämlich bestimmte Bodenbestandtheile aufgeschlossen, d. i. in eine von den Wurzeln aufnehmbare Form umgesetzt. Anderseits wird der Brache auch aus der Atmosphäre gebundener Stickstoff zugeführt.

Abgesehen aber davon, dass eine solche Wirthschaftsmethode mit unseren Verhältnissen ganz unverträglich ist, wird dabei der Boden an dem einen oder anderen vegetabilischen Nährstoffe doch endlich erschöpft. Um ein Feld dauernd fruchtbar zu erhalten, müssen demselben im Allgemeinen jene pflanzlichen Nährstoffe zurückerstattet werden, welche mit den Ernten ihm entzogen wurden. Nur jener Landwirth, der die pflanzlichen und thierischen Abfälle seiner Wirthschaft und in denselben die dem Boden entnommenen Nährstoffe früherer Ernten seinem Felde wieder

einverleibt, wird dieses dauernd und ungeschwächt fruchtbar erhalten.

Erst seit Liebig wissen wir, dass dieser Wiederersatz auch durch sogenannten künstlichen Dünger geschehen kann. Allerdings wirkt im Allgemeinen natürlicher Dünger besser als künstlicher. Dies ist häufig dadurch bedingt, dass in Folge mangelhafter Einsicht in die bestehenden Verhältnisse ein ganz ungeeigneter Dünger verwendet wird. So glaubte man in Folge des Umstandes, dass die Rübenasche sehr kalireich ist, rübemüde Felder reichlich mit Kali düngen zu sollen. Der Erfolg war jedoch sehr oft ein Misserfolg, während mit Stickstoffdüngung reichliche Ernten erzielt wurden. Die Ursache dieser auffälligen Thatsache liegt darin, dass sich bei der Rübe in Folge ihres grossen Wahlvermögens für Kali und ihres kleinen Wahlvermögens für gebundenen Stickstoff das Nährstoff- und das Düngstoffbedürfniss nicht decken. Die Rübe hat für Kali ein grosses Nährstoff-, für Stickstoff ein grosses Düngungsbedürfniss.

Der häufig günstigere Erfolg des Stallmistes künstlichem Dünger gegenüber kann auch durch Aenderung der physikalischen Beschaffenheit des Bodens vermittelst des ersteren bedingt sein. Ich verweise in dieser Beziehung auf die Feuerbohnen in den schon vorgeführten zwei Töpfen mit lockerer und fester Erde. — Durch die beim Verwesen organischer Substanzen sich entbindende Kohlensäure wird auch, wie schon bemerkt, die Aufschliessung des Bodens befördert.

Dem Boden die vegetabilischen Nährstoffe, welche in demselben nur in beschränkter Menge vorkommen und mit den Ernten entzogen wurden, wiederzuersetzen, ist also eine Hauptaufgabe rationeller Landwirthschaft.

Wegen Eisenmangel wird kein Boden unfruchtbar. Auch der Schwefel macht dem Landwirthe keine Sorge. Kalk wirkt auf Böden, die daran arm sind, geradezu Wunder. Die wesentlichsten Bestandtheile des Bodencapitales sind unter allen Umständen lösliche Salze des Kali und der Phosphorsäure und gebundener Stickstoff in Form von Ammoniak und salpetersauren Salzen. Merkwürdiger Weise fehlen in den selbst aus den fruchtbarsten Böden abfliessenden Drainwässern die meisten pflanzlichen Nährstoffe fast vollständig. Die Ackerkrume hat nämlich die für die Vegetation folgenschwere Eigenschaft, die Salze des Ammoniaks, des Kali, des Kalkes und der Phosphorsäure (nicht aber der Salpetersäure) zu absorbiren.

Die Kenntniss der vegetabilischen Nährstoffe und ihrer Functionen beim Aufbaue des Pflanzenleibes hat nicht nur ein hohes wissenschaftliches, sondern auch ein eminent praktisches Interesse; die Landwirtschaft ist ja die Grundlage aller Cultur. Unser diesbezügliches Wissen beschränkt sich aber, wie wir sahen, fast nur auf die Kenntniss einiger Thatsachen, deren causale Erklärung mindestens noch in weite Ferne gerückt ist und die zum Theile wohl für immer ungelöste Räthsel bleiben werden.

Die Principien der Färberei.

Von

Dr. RUDOLF BENEDIKT.

Vortrag, gehalten den 25. November 1885.

(Mit Experimenten.)

„Die ganze Natur offenbart sich durch die Farbe dem Sinne des Auges. Das Auge sieht keine Form, indem Hell, Dunkel und Farbe zusammen allein dasjenige ausmachen, was den Gegenstand vom Gegenstande, die Theile des Gegenstandes von einander fürs Auge unterscheidet. Und so erbauen wir uns aus diesen Dreien die sichtbare Welt und machen dadurch zugleich die Malerei möglich, welche auf der Tafel eine weit vollkommener sichtbare Welt, als die wirkliche sein kann, hervorzubringen vermag."

Diesem Ausspruche Goethe's muss ein Jeder bei einigem Nachdenken zustimmen. In der That besteht jedes Bild der Aussenwelt, welches uns durch das Auge zur Empfindung gebracht wird, nur aus verschiedenfarbigen dunkleren und helleren Flecken, deren Ränder sich theils scharf abgrenzen, theils in einander übergehen.

Man sollte demnach glauben, dass sich der menschliche Geist sehr früh mit der Erkennung und Bezeichnung der Unterschiede in diesen Elementen beschäftigt hat, aus welchen sich alle unsere Gesichtsempfindungen zusammensetzen. Dies ist aber durchaus nicht der Fall. Hat doch der berühmte englische Staatsmann

Gladstone selbst für die auf einer so hohen Stufe der Cultur stehenden alten Griechen nachgewiesen, dass ihnen einige der wichtigsten Farbenbezeichnungen gefehlt haben, und daraus sogar im Sinne der Entwicklungslehre den Schluss ziehen wollen, dass ihre Augen noch nicht denselben Grad der Vollkommenheit erreicht gehabt hätten, wie die unserigen, dass sie partiell farbenblind gewesen seien. Diese Auffassung hat sich seither als irrig erwiesen; die Dürftigkeit der Farbenbezeichnungen bei den Griechen erklärt sich einfach daraus, dass ihnen nur sehr wenige Farbstoffe bekannt waren, welche in den Gewerben und Künsten angewendet werden konnten. Für die Gegenstände der Natur mit ihren meist unveränderlichen Farben war eine eigene Bezeichnung dieser Attribute nicht nöthig, weil mit der Vorstellung des Gegenstandes auch die seiner Farbe eng verknüpft war.

Der beste Beweis für diese Auffassung liegt wohl darin, dass wir Männer den Frauen gegenüber noch immer ein wenig auf dem Standpunkte der alten Griechen stehen. Wie Viele gibt es, die ausser Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett, Braun, Grau, Weiss und Schwarz keine Farbenbezeichnungen kennen, oder wenn sie auch die Ausdrücke Carmin, Scharlach, Purpur etc. gebrauchen, doch nicht die richtige Vorstellung damit verbinden. Anders unsere Damen, die durch die mannigfaltigen Anforderungen ihrer buntfarbigen Toiletten gezwungen sind, sich mit den feinsten Farbennüancen bekannt zu machen und sie bezeichnen zu lernen. Ihr

Farbensinn steht sicher auf einer sehr hohen, wenn nicht auf der höchsten Stufe der Entwicklung. Ihm beständig gerecht zu werden, ist bei dem grossen Widerstande, welchen die zu färbenden Stoffe der Aufnahme von Farben oft entgegensetzen, eine sehr schwierige Aufgabe, der die Färberei erst nach einem Jahrzehnte langen rastlosen wissenschaftlichen und technischen Studium einigermassen nachzukommen gelernt hat. Ich erbitte mir nun von Ihnen, meine Herren und Damen, die Erlaubniss, Ihnen Einiges von der Kunst, von deren Erzeugnissen wir beständig Gebrauch machen, erzählen zu dürfen.

Beginnen wir mit einem kleinen Experimente. Ich habe hier zwei Strähne, von denen der eine aus Schafwollengarn, der andere aus Baumwollengarn besteht, und tauche beide zugleich in diese rothe Flüssigkeit, die nichts Anderes ist als eine sehr verdünnte heisse Fuchsinlösung. Nach kurzem Verweilen nehme ich sie heraus und wasche sie in reinem Wasser aus. Die Baumwolle ist ungefärbt geblieben, die Schafwolle hat sich rosa gefärbt und hat dabei den Farbstoff so kräftig angezogen, dass die Farbstofflösung (das Färbebad oder die Flotte) vollständig entfärbt ist.

Dieser Versuch lehrt uns somit, dass sich nicht alle Fasern gegen ein und denselben Farbstoff gleich verhalten, welche Verschiedenheit ihren Grund in der ungleichen chemischen Zusammensetzung hat, und zwar stehen sich in dieser Beziehung besonders die thierischen und Pflanzenfasern gegenüber, indem

die ersteren stickstoffhaltig, die letzteren stickstofffrei sind.

Alle vegetabilischen Fasern sind aus ein und derselben Substanz, der Cellulose, aufgebaut. Sie besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und bleibt allein zurück, wenn die rohen Fasern durch Waschen und Bleichen von allen ihnen anhaftenden oder in sie eingelagerten fremden Stoffen befreit werden. Baumwolle, Flachs, Hanf, Holz sind im gut gereinigten und gebleichten Zustande identisch und verhalten sich daher auch beim Färben nahezu gleich. Wir wählen unter ihnen für unsere Betrachtungen die Baumwolle, als Beispiel für die thierischen Fasern die Seide und Schafwolle aus.

Die Seide kommt entweder als Rohseide, oder als Soupleseide, oder als gekochte (degommirte) Seide zum Färben. Die Rohseide besteht aus zwei Theilen, indem nämlich die aus „Seidenfibroïn" bestehende eigentliche Seidenfaser von einer aus „Seidenleim" bestehenden Hülle umgeben ist. Diese beiden Stoffe unterscheiden sich wesentlich dadurch, dass der Seidenleim bei längerem Kochen mit Wasser vollständig in Lösung geht, während der Seidenfaserstoff nicht angegriffen wird. Weit rascher erfolgt diese „Entschälung" der Seide, wenn man sie in heissen Seifenbädern behandelt, wie dies im grössten Massstabe zur Herstellung der gekochten oder degommirten Seide geschieht. Erst nach dieser Operation hat die Seide den charakteristischen schönen Glanz, der den Namen der

Seide führt, und die angenehme Weichheit und Geschmeidigkeit, an denen sie alle anderen Fasern übertrifft. Diese Verbesserung ihrer Eigenschaften hat sie aber auch mit dem Verlust von circa 20 Procent ihres Gewichtes (so viel beträgt der Gehalt an Seidenleim) bezahlt und ist dementsprechend auch theurer geworden. Man begnügt sich daher häufig damit, ein zwischen Rohseide und gekochter Seide stehendes Product, die Soupleseide, zu erzielen, was dadurch erreicht wird, dass man die Rohseide nicht mit Seifenlösung, sondern nur mit heissem, schwach sauer gemachtem Wasser behandelt. Dabei gehen nur etwa 4—8 Procent vom Gewichte der Seide verloren. Soupleseide ist geschmeidiger und glänzender als rohe, aber lange nicht so schön wie gekochte Seide.

Die Schafwolle enthält unmittelbar nach der Schur 40—60 Procent Verunreinigungen, darunter ein eigenthümliches Fett, den Wollschweiss, ferner erdige Theile, Kletten etc. Sie kommt immer gewaschen und entfettet zum Färben. Sie besteht ausschliesslich aus Hornsubstanz; in chemischer Beziehung unterscheidet sie sich von der Seide dadurch, dass sie neben Stickstoff auch noch Schwefel enthält.

Unsere Nase hat uns übrigens Alle schon belehrt, dass ein chemischer Unterschied zwischen vegetabilischen und animalischen Fasern bestehen muss, indem Jedermann den sehr unangenehmen Geruch verbrannter Wolle oder Seide kennt, während brennende Baumwolle nach verbranntem Papier riecht. Wolle und Seide

entzünden sich nicht leicht. Hält man einen Schafwollenfaden in die Flamme, so schmilzt sein Ende zu einer Kugel, und die Verbrennung hört auf, wenn man die Flamme entfernt. Anders ein Baumwollfaden, der sich leicht entzündet und nach dem Ausblasen der Flamme weiter glimmt. Dieses Verhalten wird ja allgemein zur raschen Unterscheidung von Baumwolle und Schafwolle benützt.

Kehren wir zu unserem Färbeversuche zurück. Wir haben gesehen, dass sich die Wolle mit Fuchsin direct und ohne Beihilfe einer andern chemisch wirksamen Substanz verbindet. Man nennt diese Art des Färbens „substantiv“ und bezeichnet das Fuchsin als einen „substantiven Farbstoff für Wolle“.

Unser Versuch hat auch ergeben, dass Baumwolle durch Fuchsin nicht gefärbt wird. Zum Färben von Baumwolle muss man meist von einem anderen Färbeverfahren Gebrauch machen, welches im Gegensatze zur substantiven das „adjective“ genannt wird. Wir wollen auch diese Methode des Färbens an einem Beispiele verfolgen.

Die Farbenfabriken liefern unter dem Namen Alizarin täglich viele Tausend Kilo eines bräunlichgelben Teiges, der den Farbstoff mit Wasser angerührt enthält. Mit diesem Farbstoff, der für sich allein unscheinbar, ja fast missfarbig ist, wird das schöne Roth erzeugt, von welchem ich Ihnen hier eine auf Baumwollenstoff gefärbte Probe zeige, und welches Ihnen Allen als Türkischroth, Krapproth bekannt ist. Diese

rothe Farbe ist eine in der Faser befestigte Verbindung von Alizarin und Thonerde, welche wir uns vorerst ausserhalb der Faser herstellen wollen.

Zur Erzeugung der Thonerde können wir von zwei Materialien ausgehen, welche Ihnen unter dem Namen Alaun und Soda bekannt sind. Der Alaun ist ein Salz, welches als die für uns wesentlichsten Bestandtheile die Base Thonerde und Schwefelsäure enthält. Dieses Glas enthält eine Lösung von Alaun, zu welcher ich nun eine Lösung von Soda hinzufügen will. Die Letztere zieht die Schwefelsäure an sich und die Thonerde wird aus der Verbindung ausgeschieden. In der That beobachten Sie, dass die früher ganz klare Flüssigkeit undurchsichtig wird und von weissen Flocken, der ausgeschiedenen Thonerde, erfüllt ist.

Binde ich das Natron statt an Kohlensäure, wie dies bei der Soda der Fall ist, an Alizarin, so wird die Erscheinung eine etwas andere. Ich vermische hier eine Alaunlösung mit dieser rothen Flüssigkeit, die ich mir durch Auflösen von etwas Alizarinpaste in Natron hergestellt habe. Sofort bildet sich ein Niederschlag, dieser ist aber nicht mehr weiss, sondern roth, indem nun nicht Thonerde, sondern Alizarinthonerde ausgefallen ist. Sobald sich der Niederschlag abgesetzt hat, wird die darüber stehende Flüssigkeit farblos erscheinen, die ganze Masse des Farbstoffes ist ausgefällt.

Eine ähnliche Reaction nimmt der Färber vor. Die Garne oder Gewebe werden zuerst mit Lösungen von Alaun oder anderen Thonerdesalzen behandelt,

wobei die Flüssigkeit in das Innere der Fasern dringt, und dann macht man die Thonerde in der eben beschriebenen oder in ähnlicher Weise unlöslich, so dass sie sich von der Faser eingeschlossen und damit untrennbar verbunden findet. Substanzen, welche, wie die Thonerde in diesem Falle, der Faser erst die Fähigkeit verleihen, Farbstoffe aufzunehmen, heissen Beizen. Ich habe hier ein mit Thonerde gebeiztes Gewebe; wenn ich dieses genügend lange in dieses heisse Bad bringe, in welches ich etwas Alizarin gebracht habe, so werden wir es schön roth gefärbt sehen. Das Alizarin geht dabei successive in Lösung über und vereinigt sich direct mit der Thonerde, so dass zuletzt rothe Alizarinthonerde in Form eines unendlich feinen unlöslichen Staubes in der Faser eingelagert ist.

Während also die Faser beim substantiven Färben stets dieselbe Farbe wie der Farbstoff zeigt, bildet sich beim adjectiven Färben eine ganz neue chemische Verbindung, welche häufig eine ganz andere Farbe als der Farbstoff zeigt. Wir können uns durch den Versuch direct überzeugen, dass die Farbe, welche die Faser annimmt, nicht nur vom Farbstoff, sondern auch von der Natur der Beize abhängig ist. Ich bringe in das Alizarinbad, in welchem ich vorher ein Gewebe roth ausgefärbt habe, nun ein anderes Stück Baumwollenzeug, welches, Ihnen kaum sichtbar, in Streifenform mit verschiedenen Beizen bedruckt ist. Nach einiger Zeit werden wir den Stoff herausnehmen, in einem Seifenbade reinigen und dann wahrnehmen, dass ein

mit einer schwachen Eisenbeize imprägnirter Streifen violett geworden ist, während daneben eine starke Eisenbeize Schwarz und eine Mischung von Eisen- und Thonerdebeize Braun gegeben hat.

Ausser diesen beiden wichtigsten Arten des Färbens, dem subjectiven und adjectiven, gibt es noch eine Anzahl anderer, zum Theile speciellen Zwecken angepasster Färbemethoden, von denen hier noch die Küpenfärberei erwähnt werden soll.

Die Küpenfärberei ist vornehmlich für den Indigo in Anwendung. Die bisher beschriebenen Methoden sind für diesen Farbstoff nicht brauchbar, weil sie bedingen, dass der Farbstoff, wenn auch noch so schwer, in Wasser oder doch mindestens in Weingeist löslich sei. Der Indigo besitzt diese Eigenschaft nicht, er ist in diesen Flüssigkeiten vollständig unlöslich. Wir können nun den Indigo durch Reduction in eine farblose Verbindung, das Indigoweiss, überführen, welches sich in alkalischem Wasser löst, und eine solche Lösung nennen wir eine Indigoküpe.

Das Färben in der Küpe kann ich Ihnen, meine Herren und Damen, in grössere Entfernung deutlicher als mit Indigo mit einem künstlichen Farbstoff, dem Safranin zeigen. Füge ich zu dieser rothen Flüssigkeit Zinkstaub und Ammoniak hinzu, so entfärbt sie sich sofort, und wir haben nun eine Safraninküpe. Tauche ich einen Strähn Wollengarn ein und lasse ihn dann an der Luft hängen, so färbt er sich sehr rasch roth, indem der Sauerstoff der Luft den der Reduction ent-

gegengesetzten Process, nämlich die Oxydation der farblosen Verbindung, bewirkt. Erwägen Sie noch, dass der Indigo unlöslich ist, so wird Ihnen sofort klar, dass der durch einen ganz ähnlichen Process im Innern der Faser niedergeschlagene Indigo mit derselben sehr innig verbunden sein muss.

Es mag hier noch erwähnt werden, dass sich nicht alle Farbstoffe auf den Fasern befestigen lassen, es gibt ganz prächtige Farbstoffe, die in der Färberei keine Anwendung finden können.

Betrachten Sie z. B. diese Auflösung von wenigen Stäubchen Fluoresceïn mit seinem leuchtenden Grün oder diese prächtig carmoisinrothe Lösung mit zinnoberrother Fluorescenz! Die Faser nimmt diesen Farbstoff aus schwach alkalischen Lösungen, wie diese hier sind, nicht auf, machen wir aber mit ein paar Tropfen Essigsäure sauer, so verschwindet der ganze Glanz.

Die Wahl des Färbeverfahrens ist also von der Natur des Farbstoffes und der Faser abhängig. Jede Art von Fasern erfordert eine besondere Behandlung von Seiten des Färbers, indem die verschiedenen Fasern die Einwirkung der chemischen Substanzen, deren sich der Färber bei einzelnen Verfahren bedienen muss, nicht gleich gut vertragen. Soll z. B. Roh- oder Soupleseide gefärbt werden, dann dürfen nicht einmal heisse oder Seifenbäder verwendet werden, weil sie sonst den Seidenleim, der ihnen erhalten bleiben soll, verlieren. Thierische Fasern leiden sehr, wenn man sie mit Laugen wäscht, sie lösen sich in starken Laugen sogar voll-

ständig auf. Ich habe in diesen drei Gläsern starke Aetzlauge und bringe in dieselben je ein Stückchen Baumwollen-, Wollen- und Seidengewebe. Die Baumwolle (und ebenso alle anderen vegetabilischen Fasern) bleibt unverändert, Wolle und Seide lösen sich rasch auf. Ich kann diese Lösungen im Hinweise auf das früher Gesagte noch dazu benützen, um Ihnen zu zeigen, dass sich die Wolle chemisch durch einen Schwefelgehalt von der Seide unterscheidet. Füge ich zu beiden Flüssigkeiten etwas Bleizucker, so bleibt die Seidenlösung unverändert, während sich die Wollenlösung schwarz färbt, indem sich schwarzes Schwefelblei ausscheidet.

Der Färber darf also nur für die Baumwolle von Methoden Anwendung machen, in denen stark alkalische Lösungen verwendet werden.

Dagegen wird Baumwolle von Säuren weit leichter angegriffen als Wolle und Seide. Es genügt, ein Gewebe aus Pflanzenfasern mit einer ganz schwachen Salzsäurelösung zu befeuchten und dann zu trocknen, um es so morsch zu machen, dass es beim Klopfen oder Reiben zwischen den Fingern in Staub zerfällt. Genau so verfährt man in der Technik bei dem sogenannten Carbonisiren, bei welchem man bezweckt, die Schafwolle von allen anhaftenden Pflanzentheilen (Kletten, Strohtheilchen etc.) oder von beigemischter Baumwolle zu befreien, indem man diese durch eine Behandlung mit Salzsäure morsch gewordenen Theile durch Klopfen entfernt. Der Grund des Morschwerdens mancher Baum-

wollenstoffe ist sehr häufig darin zu suchen, dass der Stoff beim Bleichen oder Färben nicht vollständig oder nicht genügend rasch von Säure befreit wurde.

Seide und Wolle vertragen die Behandlung mit verdünnten Säuren sehr gut, aber bei der Seide erwächst dem Färber häufig eine neue Schwierigkeit dadurch, dass dieselbe zuletzt durch ein schwaches Säurebad gezogen werden muss, wodurch die Anwendung aller jener Farbstoffe in der Seidenfärberei ausgeschlossen ist, welche schwache Säuren nicht vertragen.

Diese Behandlung mit Säuren ist nothwendig, um der Seide den eigenthümlichen „Griff" zu verleihen, welchen die Färber als krachend bezeichnen. Jede Hausfrau weiss, dass sich ein gewaschenes Seidenband weich, nicht seidenartig anfühlt; um dies zu erreichen, muss der Stoff durch Wasser genommen werden, welches man mit einigen Tropfen Essig oder Citronensaft deutlich sauer schmeckend gemacht hat.

Man kann nun bei der Verschiedenheit des Verhaltens der Fasern gegen die Farbstoffe und Hilfsmaterialien ermessen, wie viele Umstände der Färber zu bedenken hat, wenn er, was sehr häufig vorkommt, gemischte, aus Baumwolle und Seide oder Baumwolle und Schafwolle bestehende Gewebe so zu färben hat, dass beide Fasern genau dieselbe Nüance zeigen. Auf die hiezu nöthigen Kunstgriffe wollen wir aber heute nicht näher eingehen, sondern uns zu der für Sie, meine Damen, praktisch wichtigeren Frage nach der Echtheit der Farben wenden.

Wir hören sehr häufig über die Unechtheit der modernen Farben klagen, und es besteht gar kein Zweifel, dass es früher besser war. So viel ist sicher, dass in den ersten Jahren der Anwendung der Anilinfarben in der Färberei sehr viel gesündigt und ein bedeutender Rückschritt hinsichtlich der Echtheit der Stoffe gemacht wurde. Und auch heute wird noch von unechten Farben ein allzu ausgedehnter und leichtsinniger Gebrauch gemacht.

Deshalb wollen wir aber doch nicht auf die Anwendung der künstlichen Farbstoffe, die immerhin einen bedeutenden Fortschritt bezeichnen, gänzlich verzichten! Aber es gilt auch hier wie überall in der modernen Welt, dass man sich ein grösseres Wissen, ausgedehntere Kenntnisse als früher erwerben muss, wenn man von allen den kleinen Annehmlichkeiten und Vortheilen Gebrauch machen will, welche die moderne Industrie bietet.

Wer diese Mühe scheut und doch nicht übervortheilt sein will, dem bleibt nichts übrig, als sich auf den conservativsten Standpunkt zu stellen und sich etwa an der niederdeutschen Landbevölkerung ein Vorbild zu nehmen, deren Weiber sich ausschliesslich in indigoblaue Stoffe kleiden. Ja noch mehr, sie trauen auch der schön gefärbten, geschmackvoll und regelmässig gemusterten Fabrikswaare nicht, sondern liefern ihre groben selbstgewebten Stoffe an die kleinen Blaudrucker ab, welche sich in Folge dieser Gewohnheit noch immer neben den grossen Fabriken erhalten. Und

wenn sie die Waare sodann mit den altmodischen einfachen Mustern, die überdies alle Fehler des Handdruckes zeigen, zurückerhalten, so sind sie zum Mindesten sicher, dass die daraus gefertigten Kleider in Stoff und Farbe ebenso unverwüstlich sind wie vor fünfzig Jahren.

Sie, meine Damen, werden sich mit dieser einfachen Mode wohl kaum befreunden und ziehen es gewiss vor, die sehr einfachen Prüfungen auf die Echtheit eines Stoffes vorzunehmen, die ich Ihnen vorschlage.

Wie erkennt man, ob ein Stoff echt oder unecht sei?

Man pflegt eine Waare als echt zu bezeichnen, wenn sie allen jenen Einwirkungen widersteht, welchen sie im Verlaufe ihrer Verwendung aller Wahrscheinlichkeit nach ausgesetzt werden kann. Die Anforderungen an die Echtheit sind sonach sehr verschieden. Man wird z. B. von Baumwollenstoffen eine weit grössere Waschechtheit verlangen als von Seidenwaaren, weil die letzteren eben nicht auf diese Weise gereinigt werden, und der türkische Fez, welcher auf dem Kopfe eines Hafenarbeiters den ganzen Tag den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, hat eine ganz andere Probe auf Lichtechtheit zu bestehen als das kostbare Atlaskleid, welches sorgfältig im dunkeln Kasten verwahrt wird und nur selten ans Tageslicht kommt.

Will man untersuchen, ob eine Probe zugleich waschecht, säureecht und lichtecht sei, so schneidet man ein Muster des Stoffes in vier Theile.

Den einen kocht man mit Seifenwasser und beobachtet, ob sich das Bad färbt. Ist dies der Fall, so ist die Farbe nicht waschecht. Da es vorkommt, dass nur beim ersten Seifen Farbe abgegeben wird, dann aber noch ein genügend intensiver Ton übrigbleibt, so wird die mit Wasser ausgespülte Probe zweckmässig noch einmal anhaltend geseift, dann gewaschen und getrocknet.

Die zweite Probe legt man einige Minuten in Essig ein, um sie auf ihre Säureechtheit zu prüfen, was besonders für die Beurtheilnng der Widerstandsfähigkeit gegen Schweiss wichtig ist, da dieser der Essigsäure ähnliche Säuren enthält. Auch dieses Stückchen wird gewaschen und getrocknet.

Man vergleicht nun die erste und die zweite Probe mit dem dritten Stückchen, welches man zu diesem Zwecke aufbewahrt hat, und beobachtet, ob sie eine Farbenwandlung erlitten haben. Ist dies nicht der Fall, so ist die Waare wasch- und säureecht.

Den letzten Theil klemmt man zur Hälfte in ein Buch ein und legt dasselbe einen Tag in die Sonne oder bei bewölktem Himmel 3—4 Tage an einen hellen Ort, z. B. zwischen die Fenster. Dann sieht man nach, um wie viel die belichtete Hälfte gegen die eingeklemmte, nicht belichtete abgeblasst ist. Eine Differenz wird fast immer vorhanden sein; ist dieselbe nur gering, so ist der Stoff lichtecht.

Besitzt man ein als hinreichend echt erkanntes Muster, so führt man die genannten Prüfungen auch

mit diesen aus und vergleicht die bei beiden Stoffen erhaltenen Resultate.

Fragen wir nach den allgemeinen Resultaten, welche sich bei solchen Prüfungen ergeben, so finden wir, dass die substantiven Farbstoffe weit seltener echte Färbungen geben als die mit mineralischen Beizen, wie Thonerde und Eisenoxyd hergestellten adjectiven. Der Zufall hat es nun gewollt, dass die ganze Reihe der in den ersten Jahren entdeckten Anilinfarben, wie Fuchsin, Anilinviolett, Anilinblau etc. Wolle und Seide substantiv färben, mit Thonerde und Eisenoxyd dagegen überhaupt keine Verbindungen eingehen, so dass von einem adjectiven Färben mit Hilfe dieser Beizen keine Rede sein kann. Man hat in den letzten Jahren zwar ein vorzügliches Verfahren erfunden, Baumwolle in solcher Weise mit Tannin zu imprägniren, dass sie fast alle Anilinfarben aufnimmt, aber auch diese Färbungen sind nicht echter als die durch substantives Färben der thierischen Fasern hergestellten.

Dagegen färben die meisten der längstbekannten natürlichen Farbstoffe, wie der Krapp, die Cochenille, die verschiedenen Farbhölzer, der Wau, nur adjectiv und liefern zum Theil ganz ausserordentlich haltbare Färbungen. Dazu kommt noch, dass die oft sehr complicirten Methoden, welche nöthig sind, um ganz echte und lebhafte Färbungen zu erhalten, für die Pflanzenfarben durch eine lange Empirie zu einer Zeit genau ermittelt waren, in welcher die Technik der Anilinfarben noch wenig Erfahrung aufzuweisen hatte.

Dies sind die Gründe, warum die künstlichen Farbstoffe bei dem grossen Publicum mit Recht in Misscredit kamen.

Heute kann es aber gar keinem Zweifel mehr unterliegen, dass die künstlichen Farbstoffe die natürlichen in Bälde vollkommen aus dem Felde schlagen werden. Denn es gelang der Farbenindustrie nach und nach, auch eine Anzahl ganz echter Farbstoffe herzustellen, so das Alizarin, mit welchem wir früher einen Färbeversuch ausgeführt haben. Dieser Farbstoff kommt auch im Pflanzenreiche vor, und zwar in dem ehemals wichtigsten Färbematerial, der Krappwurzel, die heute fast vollständig aus dem Handel verschwunden ist, weil sie mit dem künstlichen Alizarin nicht concurriren konnte. Das ganze Bestreben der insbesondere in Deutschland und der Schweiz hochentwickelten Farbenindustrie ist gegenwärtig darauf gerichtet, die unechteren künstlichen Farbstoffe durch echtere zu ersetzen, und obwohl dieser Process noch nicht abgeschlossen ist, so verfügen wir doch schon jetzt über eine stattliche Reihe ganz zuverlässiger derartiger Farbstoffe.

Sie bieten, ganz abgesehen davon, dass in ihnen fast alle Abstufungen der Farbentöne vertreten sind, den natürlichen Farbstoffen gegenüber wesentliche Vortheile. Vor Allem erfordern sie weit einfachere Färbeverfahren. Die geringsten Umstände beim Färben machen natürlich die substantiven Farbstoffe, aber auch das adjective Färben mit künstlichen Farbstoffen ist weit einfacher, weil alle Wasch- und Reinigungs-

operationen wegfallen, welche dazu dienen, die missfarbigen Nebenproducte zu entfernen, welche die Pflanzenstoffe stets begleiten.

Aber auch die weniger echten Farben werden nicht so bald ganz aus der Industrie verschwinden, falls sie einen ihnen allein eigenthümlichen angenehmen Ton besitzen. Man wird damit gewiss keine kostbaren Atlasmöbel färben, welche Generationen überdauern sollen, aber sie können ihren Zweck vollständig für ein Ballkleid erfüllen, welches nur in der einen Saison und da nicht allzu häufig benützt wird. Auch zum Färben jener ausserordentlich billigen halbseidenen oder Wollenstoffe, mit denen der Markt gegenwärtig überschwemmt wird, können sie mit Ausnahme der ganz unechten dienen, denn diese Waaren nützen sich noch schneller ab, als die Farbe verblasst.

Ueber die

Bestimmung der Schwerkraft.

Von

PROF. D[R.] THEODOR RITTER v. OPPOLZER,

k. k. Hofrath und wirkl. Mitglied der k. Akademie der Wissenschaften.

Vortrag, gehalten den 16. December 1885.

(Mit Experimenten.)

Alle Körper fallen, wenn sie nicht unterstützt sind, im luftleeren Raume für einen gegebenen Ort der Erdoberfläche mit gleicher Geschwindigkeit zu Boden; dies ist aber nicht mehr der Fall im lufterfüllten Raume; je dichter ein Körper ist und je geringer sein horizontaler Querschnitt ist, den er im Fallen der Luft darbietet, um so weniger wird sich der störende Einfluss der Luft geltend machen; je weniger dicht er dagegen und je grösser sein horizontaler Querschnitt ist, um so mehr wird diese störende Wirkung bemerkbar werden. Lässt man daher eine Bleikugel oder eine Platinkugel fallen, so werden beide nahezu mit derselben Geschwindigkeit im lufterfüllten und luftleeren Raume zu Boden fallen; hätte man aber Leuchtgas, welches etwa zweimal leichter ist als die atmosphärische Luft, in einen grossen, aber sehr zarten luftdichten Stoffballon gefüllt, so wird, wie Sie es wohl Alle schon gesehen haben, diese Kugel aus Leuchtgas gar nicht dem Gesetze der Schwere zu folgen scheinen und statt zu fallen sogar rasch emporsteigen. Wie schon früher bemerkt, hat auch die Form des fallenden Körpers auf die Geschwindigkeit seines Fallens im lufterfüllten Raume einen wesentlichen Einfluss; denn nehmen Sie

etwas Platin und hämmern Sie dasselbe zu einem zarten Blättchen aus, so wird dasselbe, fallen gelassen, bald in eine Art wirbelnde Bewegung gerathen und verhältnissmässig langsam zu Boden sinken; eine Flaumfeder, die sich aus specifisch gar nicht sehr leichten Materialien zusammensetzt, wird vermöge des grossen Querschnittes, auf welchen sich die Materie vertheilt, fast in der Luft zu schweben scheinen, ein ganz schwach aufsteigender Luftzug wird genügen, um dieselbe in aufsteigender Richtung zu bewegen.

Diese scheinbaren Unterschiede in der Wirkung der Schwerkraft, bewirkt durch die Anwesenheit der Luft, erklären sich aus wesentlich verschiedenen Ursachen, auf welche alle einzugehen hier zu weit führen würde; doch die vier hauptsächlichsten sollen hier kurz erwähnt werden.

Nach dem hydrostatischen Principe verliert jeder Körper, der in eine Flüssigkeit, gleichgiltig ob dieselbe tropfbar oder gasförmig ist, eingetaucht wird, so viel an Gewicht, als er vermöge seines Volumens an umgebender Flüssigkeit verdrängt. Ist der Körper sehr dicht, etwa 20.000 mal schwerer als die Luft, wie dies z. B. für gehämmertes Platin nahezu der Fall ist, so verliert er durch das Eintauchen in die Luft, wie man zu sagen pflegt, durch den Auftrieb nur den zwanzigtausendsten Theil seines Gewichtes; der verhältnissmässige Gewichtsverlust ist daher, so lange man nicht Präcisionsmessungen vornimmt, völlig unmerklich. Wasserstoffgas ist beiläufig fünfzehnmal leichter als

atmosphärische Luft, es wird, durch eine Hülle zusammengehalten in die Luft eingetaucht, bis auf einen nicht sehr merklichen Bruchtheil fast mit dem vollständigen Gewichte der verdrängten Luft nach aufwärts getrieben; der Auftrieb wird daher je nach dem specifischen Gewichte des Körpers die Gesetze der Schwere, wenn man im lufterfüllten Raume experimentirt, besonders wenn das specifische Gewicht ein sehr geringes ist, in sehr beträchtlicher Weise modificiren.

Jeder Körper muss, indem er in der Luft sich bewegt, also bei unseren Betrachtungen während des Fallens, Lufttheile verdrängen, die sich seiner Fortbewegung entgegenstellen, also dieser einen Widerstand entgegensetzen; dieser Luftwiderstand aber wird, auch bei gleichen Geschwindigkeiten des fallenden Körpers, ganz wesentlich von demjenigen Querschnitte, mit welchem der Körper die Luft durchsetzt, abhängig sein. Denkt man sich eine Platte aus irgend einem festen Materiale kantig aufgestellt und in dieser Lage fallen gelassen, so wird in dieser Stellung der Platte im Fallen verhältnissmässig wenig Luft aus dem Wege zu schaffen sein, weil der horizontale Querschnitt des fallenden Körpers verhältnissmässig klein ist; bringt man aber dieselbe Platte in eine horizontale Lage und lässt sie in dieser Stellung zu Boden fallen, dann wird der Widerstand der Luft ein beträchtlicher sein, denn entsprechend dem jetzt grossen horizontalen Querschnitte wird im Fallen eine grosse Menge von Luft

verdrängt werden müssen; die Platte wird also in dieser Lage wesentlich langsamer fallen als in der ersteren. Das Experiment mit der Platte wird sich in seiner hier supponirten einfachen Weise in Wirklichkeit noch viel verwickelter gestalten, denn wenn die Platte nicht durchaus gleichmässig der Gestalt nach in Bezug auf den Schwerpunkt ist, wird der Widerstand der Luft für einzelne Theile des Querschnittes relativ grösser als für andere sein, die Platte wird daher bald ihre ursprüngliche horizontale Lage verlassen, und ist dieselbe nicht sehr dicht und schwer, so dass der Luftwiderstand einen merklichen Bruchtheil der Schwere der Platte darstellt, so wird dieselbe in eine Art von wirbelnder Bewegung gelangen, wie Sie dies zum Beispiel an frei herabfallenden Papierschnitzeln beobachten können. Der Widerstand der Luft ist also eine zweite Quelle der Störung.

Doch noch eine weitere störende Ursache bewirkt das Vorhandensein der Luft, nämlich dass der fallende Körper an den seitlich befindlichen Lufttheilchen vorbeistreift und im Vorbeistreifen einen Verlust an seiner Bewegung durch die Reibung erleidet; die Reibung an der Luft befolgt aber etwas andere Gesetze als die Reibung zweier fester Körper aneinander, diese Reibung an der Luft wird nämlich um so grösser, je grösser die sich reibende Oberfläche des Körpers ist. Denken wir uns einen Würfel, aus einem bestimmten Materiale gefertigt, etwa in der Luft derartig fallend, dass zwei seiner Flächen horizontal zu liegen kommen, so wer-

den die vier verticalen Flächen im Fallen sich an der Luft reiben; der so entstehende Reibungswiderstand wird dem Gesagten zufolge um so bedeutender sein, je grösser der Würfel sein wird; man könnte daher glauben, dass je grösser ein solcher Würfel ist, um so merklicher würde die durch die Reibung verursachte Störung des Fallgesetzes sein; aber gerade das Gegentheil findet statt. Die Erklärung dieses scheinbaren Widerspruches wird sich aber sehr einfach gestalten, wenn wir bedenken, dass, so lange dasselbe Material in Betracht kommt, mit der Vergrösserung des Würfels zwar die Begrenzungsflächen desselben im quadratischen Verhältnisse zunehmen, dass aber das Gewicht in beträchtlich stärkerem Masse, nämlich im kubischen Verhältnisse, zugenommen hat; das Gewicht nimmt daher rascher zu als die durch die Reibung bewirkte Störung, je grösser daher der Würfel ist, um so weniger macht sich der störende Einfluss der Reibung bemerklich. Man kann aber auch den Satz umkehren und sagen: je kleiner der Würfel ist, um so mehr wird ceteris paribus der Reibungswiderstand störend hervortreten; wird der Würfel daher ausserordentlich klein, so wird die störende Wirkung der Reibung verhältnissmässig zu seiner Schwere sich sehr beträchtlich erweisen und kann das Fallgesetz wesentlich modificiren; in der That bewähren sich diese theoretischen Voraussetzungen in der Praxis auf das Beste, denn sehr fein pulverisirte Körper, selbst aus specifisch recht schwerem Materiale, sinken bei ruhiger Luft ausgestreut sehr

langsam zu Boden und ein schwacher Luftzug genügt, um dieselben aufzuwirbeln, wie man dies an jeder Staubwolke wahrnehmen kann; auch das Schweben der allbekannten Sonnenstäubchen erklärt sich aus dieser Ursache.

Schliesslich hätte man noch eine der Hauptstörungen der Luft auf die Erscheinungen des freien Falles in ihrer Adhäsion an den fallenden Körper zu suchen. Es ist Ihnen bekannt, dass zum Beispiel Wasser, auf eine Holzplatte geschüttet, theilweise an derselben haften bleibt, mögen wir die Platte wie immer wenden; man nennt diese Erscheinung Adhäsion. Gerade so wie das Wasser klebt sich die Luft an die Oberflächen der meisten Körper an; die Erscheinung wird aber, weil unseren Sinnen nicht unmittelbar wahrnehmbar, meist ganz übersehen, obwohl sie thatsächlich besteht; der fallende Körper hat daher, ausser dass er seinen Querschnitt durch die entgegenstehende Luft hindurchzudrängen hat, noch ein mehr minder erhebliches Quantum von Luft mit sich zu führen, welcher Umstand zwar sein Trägheitsmoment erhöht, aber die Reibungswiderstände in stärkerem Masse steigert. Ohne uns in diesen Betrachtungen in weitere Einzelnheiten einzulassen, will ich Ihnen an der vorliegenden Fallröhre die störende Wirkung der Luft demonstriren. (Es werden nun bei dem Vortrage die diesbezüglichen Experimente vorgeführt; zur Erläuterung für den Leser dieses Vortrages möge erwähnt werden, dass eine Fallröhre durch eine hermetisch geschlossene Glasröhre darge-

stellt wird, in welcher einige leichte Körper eingeschlossen sind; dieselben fallen in der Fallröhre, wenn man dieselbe rasch kippt, in wirbelnder Bewegung verhältnissmässig langsam herab; pumpt man nun mit Hilfe einer Luftpumpe die in der Röhre enthaltene Luft aus und kippt nun dieselbe rasch um, so fallen die in derselben enthaltenen leichten Körper wie schwere Kugeln mit ausserordentlicher Geschwindigkeit zu Boden.)

Sie sehen also, wie störend das Vorhandensein der Luft für das Studium der Fallgesetze ist, und dass es sich im Allgemeinen empfehlen dürfte, entweder die Experimente im luftleeren Raume zu machen, ein Erforderniss, welches aber immer mit Schwierigkeiten verbunden ist, oder an Methoden zu denken, bei welchen der störende Einfluss der Luft minder nachtheilig hervortritt.

Indem ich Sie so über die Schwierigkeiten im Allgemeinen, welche das Vorhandensein der Luft dem Studium der Fallgesetze bereitet, orientirt habe, wollen wir uns nun darüber verständigen, was man unter dem Begriff „Schwerkraft" versteht. Eliminirt man die erwähnte störende Wirkung der Luft, so fallen alle Körper, mögen sie aus was immer für Materie bestehen, mit gleicher Geschwindigkeit zu Boden; der Fallraum beträgt in der ersten Secunde etwa 4·9 Meter, und die Geschwindigkeit, welche der fallende Körper am Schlusse der ersten Secunde erreicht, ist genau das Doppelte dieses Betrages, nämlich 9·8 Meter; man

nennt diese Beschleunigung von 9·8 Meter, welche der Körper in einer Zeitsecunde erfährt, die Schwerkraft. Wirkt diese Schwerkraft im Verlauf der zweiten Secunde weiter fort, so beschleunigt sie die Geschwindigkeit um denselben Betrag und wird am Schlusse der zweiten Secunde dem Körper eine Geschwindigkeit von 9·8 + 9·8 = 19·6 Metern ertheilen, am Schlusse der dritten Secunde aber 29·4 Meter u. s. f. oder allgemein, wenn unter t die Zeit in Zeitsecunden verstanden wird, die seit dem Beginn des Fallens verflossen ist, so wird die durch die Schwerkraft bewirkte Geschwindigkeit $9{\cdot}8 \times t$ Meter betragen. Das Gesetz, nach dem die Fallräume zunehmen, wird sich auch leicht ergeben, denn die Schwerkraft vergrössert den Fallraum in jeder Secunde um die halbe Beschleunigung, d. i. um 4·9 Meter. Nun ist die Geschwindigkeit am Schlusse der ersten Secunde, wie man früher gesehen hat, 9·8 Meter; wäre die Schwerkraft nun in der zweiten Secunde nicht wirksam, so würde der Körper vermöge seines Beharrungsvermögens, welches man wohl auch die Trägheit nennt, allein einen Weg von 9·8 Metern zurücklegen; da aber die Schwerkraft vermöge ihrer Wirkung den Fallraum um 4·9 Meter vergrössert, so wird der Fallraum in der zweiten Secunde 9·8 + 4·9 = 14·7 Meter betragen. Addirt man hinzu den in der ersten Secunde zurückgelegten Weg von 4·9 Metern, so erhält man als Fallraum in den zwei ersten Secunden zusammen 19·6 Meter. Die am Schlusse der zweiten Secunde erlangte Geschwindigkeit würde

allein den Körper in der dritten Secunde um 19·6 Meter fortführen, hiezu kommen wieder die durch die Beschleunigung bewirkten 4·9 Meter, so dass der Körper in der dritten Secunde einen Weg von 24·5 Metern zurücklegt, dazu der Fallraum in den ersten zwei Secunden, der früher mit 19·6 Metern ermittelt wurde, macht den Gesammtweg in drei Secunden 44·1 Meter. Setzt man diese Betrachtungen fort, so findet man den Fallraum in vier Secunden 78·4 Meter u. s. f. Trägt man diese Resultate übersichtlich zusammen, so findet sich der Fallraum in:

einer Secunde	gleich	4·9	Meter	oder	4·9	Meter	mal 1^2
zwei Secunden	„	19·6	„	„	4·9	„	„ 2^2
drei „	„	44·1	„	„	4·9	„	„ 3^2
vier „	„	78·4	„	„	4·9	„	„ 4^2

u. s. f.,

die Fallräume wachsen also mit dem Quadrate der Zeit und können allgemein nach der Formel $4{\cdot}9\, t^2$ berechnet werden; t ist in Zeitsecunden anzusetzen, das Resultat wird in Metern als Einheit erhalten. Die Schwerkraft ist also durch die Beschleunigung der Fallgeschwindigkeit in einer Secunde charakterisirt und beträgt etwa 9·8 Meter. Da aber die Schwerkraft nicht für alle Orte der Erdoberfläche gleich ist, wenn auch diese Variationen innerhalb mässiger Grenzen sich bewegen, so wollen wir in der Folge die Schwerkraft durch den Buchstaben g bezeichnen und zeigen, wie man diese Grösse durch die Beobachtung bestimmen

kann, ohne genöthigt zu sein, da wir uns mit einem mässigen Grade der Annäherung bei den heutigen Bestimmungen zufrieden geben wollen, auf die störenden Einflüsse der Luft Rücksicht nehmen zu müssen; auch will ich mich nur auf die Auseinandersetzung einer der mehrfachen Bestimmungsmethoden bei der uns nur knapp zugemessenen Zeit für heute beschränken, nämlich auf die Bestimmung der Schwerkraft g durch Pendelbeobachtungen, bei welcher Methode die durch den Luftwiderstand entstehenden Störungen nicht allzu beträchtlich sind.

Man unterscheidet zweierlei Arten von Pendeln, nämlich mathematische und physische; die ersteren sind eine reine mathematische Fiction, begründet, um gewisse theoretische Betrachtungen über das Pendelproblem leicht durchführen zu können, dem Experimente ist nur das physische Pendel zugänglich. Es sollen beide näher betrachtet werden. Denken wir uns einen ausserordentlich dünnen Faden an einem Häkchen befestigt, so dünn, dass demselben keine Schwere zukommt, an diesem Faden sei unten eine ausserordentlich kleine, aber sehr schwere Kugel aufgehängt, so haben Sie ein Bild eines mathematischen Pendels. Sie sehen, dass man sich bei der thatsächlichen Ausführung dieser theoretischen Forderung nur nähern, dieselbe aber niemals erreichen kann. Ein solches mathematisches Pendel wird, wenn ich den materiellen Punkt seitlich leicht anstosse, in Schwingungen gerathen; diese Schwingungen werden aber, wenn wir dieselben

nicht allzu gross gemacht haben, wie dies schon Galilei bemerkt hat, nahezu gleich in Bezug auf Zeitdauer sein, gleichgiltig ob sich der materielle Punkt weiter oder weniger weit bei seinem Ausschwunge von seiner Ruhelage entfernt; der materielle Punkt wird offenbar bei seiner Schwingung ein Stück eines Kreisbogens beschreiben. Man nennt den Abstand des materiellen Punktes von seinem Aufhängepunkt seine Länge, und es soll dieselbe durch den Buchstaben l bezeichnet sein. Bei dem Hin- und Herschwingen des Pendels erreicht er symmetrisch gegen seine Ruhelage nach jeder Schwingung seinen grössten Abstand von derselben; den Winkel, den der Faden an diesen Stellen mit jener Richtung einschliesst, die er in der Ruhelage einnimmt, nennt man die Schwingungsweite oder Amplitude; die Zeit, welche das Pendel braucht, um von der grössten Ausweichung einerseits bis zur grössten Ausweichung andererseits zu gelangen, nennt man die Schwingungszeit; dieselbe kann aber auch so definirt werden, dass es die Zeit sei zwischen zwei aufeinanderfolgenden Passagen des materiellen Punktes durch seine Ruhelage. Die Mechanik lehrt, dass die Schwingungszeit, die Pendellänge und die Schwerkraft in einem bestimmten Verhältnisse zu einander stehen; bezeichnet man die Schwingungszeit mit t, die Schwerkraft und Pendellänge, wie dies oben schon geschehen ist, beziehungsweise mit g und l, so lautet diese Formel:

$$g = \frac{\pi^2 l}{t^2};$$

d. h. die Schwerkraft ist gleich einem Ausdrucke, der sich in Bruchform darstellt; der Zähler enthält zwei Factoren, der eine stellt das Quadrat des bekannten Verhältnisses der Peripherie eines Kreises zu seinem Durchmesser dar, ist also die bekannte Ludolphische [1]) Zahl und ist, wie allgemein üblich, durch π bezeichnet; der andere Factor ist die Pendellänge l; drücke ich dieselbe in Metern aus, so wird auch die Schwerkraft in dieser Einheit ausgedrückt erscheinen. Der Nenner enthält das Quadrat der Schwingungszeit t; setze ich dieselbe in Einheiten der Zeitsecunde an, so wird die Schwerkraft für diese Zeiteinheit, also die Acceleration, in einer Zeitsecunde erhalten. Kenne ich also die Länge eines mathematischen Pendels und bestimme ich durch directe Beobachtung seine Schwingungszeit, so hat die Berechnung der Schwerkraft mit Hilfe dieses Ausdruckes keine Schwierigkeit. Der Bestimmung der Schwerkraft nach dieser Methode stellt sich aber ein sehr wesentliches Hinderniss entgegen, nämlich dass es thatsächlich unmöglich ist, ein mathematisches Pendel zu construiren, da man gezwungen ist, sowohl dem Faden bei der Construction, als auch dem schwingenden Punkt eine materielle und räumliche Ausdehnung zu ertheilen, also ein physisches Pendel anzuwenden. Man kann aber diese Schwierigkeit wieder mit Hilfe

---

[1]) Ludolph van Ceulen, geb. 1539 zu Hildesheim, gest. 1610 zu Leyden, berechnete zuerst den Werth von π auf 32 Decimalstellen.

der Mechanik umgehen, indem uns dieselbe lehrt ein Pendel zu construiren, welches, obwohl es ein physisches ist, fast die Eigenschaften eines mathematischen Pendels besitzt. Die Erfindung dieses ingeniösen Apparates gebührt Bohnenberger, der als Professor der Mathematik und Astronomie an der Universität Tübingen wirkte (geb. 5. Juni 1765 zu Simmozheim im Schwarzwald, gest. 19. April 1831 zu Tübingen). Sie sehen ein solches Pendel vor sich;[1]) an seiner Pendelstange finden sich zwei Gewichte von gleichen Dimensionen angebracht und ausserdem sind an derselben zwei Schneiden befestigt, welche zur Aufhängung des Pendels auf eine passende Lagerfläche dienen; die eine Schneide hat ihre Kante nach abwärts gerichtet und ist in dieser Lage des Pendels die obere, ich kann also, ohne das Pendel umzukehren, dasselbe auf diese Schneide aufhängen. Die untere Schneide richtet ihre Kante nach oben; soll das Pendel auf diese Schneide aufgehängt werden, so muss dasselbe gestürzt werden; revertere heisst auf Lateinisch umkehren oder umstürzen, man nennt daher ein so eingerichtetes Pendel ein Reversionspendel. Sie werden bemerken, dass die Schneiden durchaus keine symmetrische Lage gegen

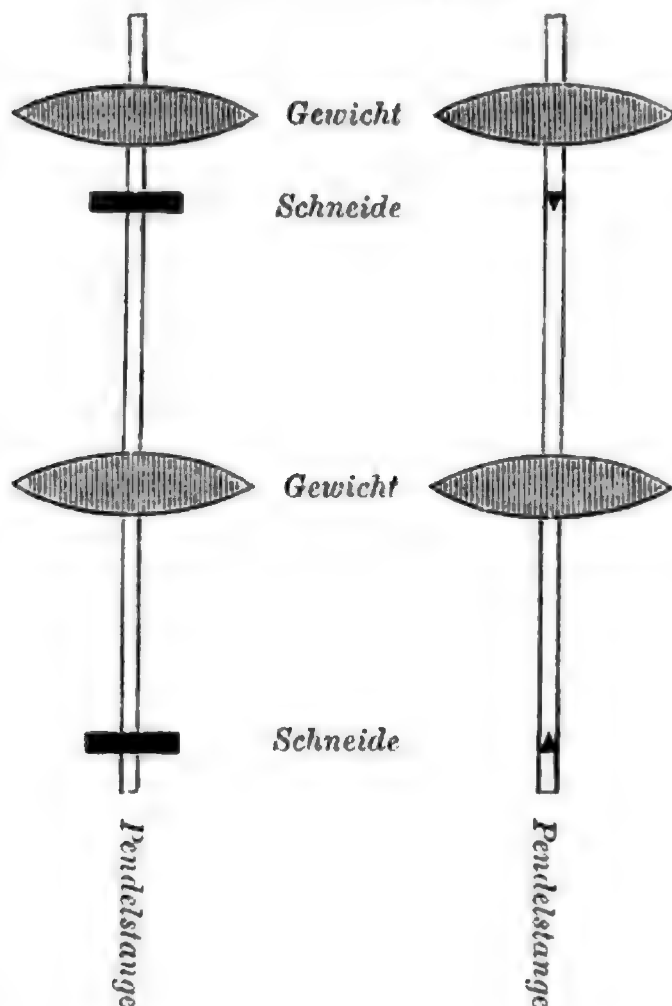
---

[1]) Um die den Vortrag begleitende Demonstration des Apparates hier theilweise zu ersetzen, füge ich auf nachstehender Seite eine schematische Zeichnung eines solchen Apparates bei, welche mit Hilfe der beigesetzten Noten, in Verbindung mit dem obigen Texte, wohl leicht verständlich sein wird.

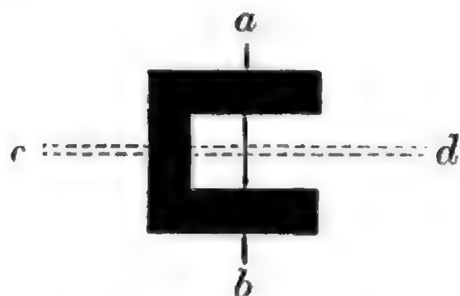
Schematische

Seitenansicht Vorderansicht

eines Reversionspendels.



Grundriss des Lagers, auf welches die Schneiden gesetzt werden.



a b Richtung der Schneidenkanten.

c d Schwingungsebene des Pendels.

die Gewichte haben; hätten sie eine solche vollkommen symmetrische Lage, so würde natürlich, da durch die Umkehrung des Pendels und Aufhängung auf die

andere Schneide keine andere Massenvertheilung in Bezug auf die Verticale eintritt, die Schwingungszeit in beiden Lagen dieselbe sein; bei der assymmetrischen Lage der Schneiden sollte man daher erwarten, dass die Schwingungszeit in den beiden Lagen ganz verschieden ausfällt. Lassen wir das Experiment sprechen; dasselbe ergibt die überraschende Thatsache, dass trotz der Assymmetrie die Schwingungszeit in beiden Lagen nahe die gleiche ist; in der That habe ich den vorliegenden Apparat so genau adjustirt, dass der Unterschied in der Schwingungszeit nicht den tausendsten Theil einer Secunde beträgt. Trotz der ganz assymmetrischen Lage der Schneiden ist also die Gleichheit der Schwingungszeiten erreicht; nun lehrt die Mechanik, dass ein so construirtes Pendel die Eigenschaften eines mathematischen Pendels insofern hat, als dasselbe genau die gleiche Schwingungszeit eines mathematischen Pendels aufweist, welches so lang ist, als die beiden Schneiden von einander abstehen. Hat man sich daher ein völlig assymmetrisches Pendel, wie das vor Ihnen befindliche, so berichtigt, dass es in beiden Lagen die gleichen Schwingungszeiten aufweist, so hat man einerseits durch die Beobachtung seine Schwingungszeit t zu bestimmen und andererseits den Abstand der beiden Schneiden l zu messen, und hat so alle nöthigen Daten, um nach der obigen Formel:

$$g = \frac{\pi^2 \, l}{t^2}$$

die Schwerkraft g zu berechnen, wobei der allerdings

nicht sehr beträchtliche Einfluss der Luft unberücksichtigt bleibt. Das Quadrat von π in die Länge oder den Schneidenabstand l, welches Product den Zähler des obigen Ausdruckes darstellt, ist für einen gegebenen Apparat, so lange man auf die kleinen Deformationen, welche hauptsächlich in der Temperaturenwirkung ihren Ursprung haben, nicht Rücksicht nimmt, eine Constante; für den vorliegenden Apparat beträgt dieses Product, wenn man den Schneidenabstand in Metern ansetzt, wodurch das Resultat für die Schwerkraft in derselben Einheit erhalten wird: 10·56. Wir wollen nun durch die directe Beobachtung die Schwingungszeit t ermitteln.[1]) Indem die Dauer von 60 Schwingungen in der einen Lage und 60 Schwingungen in der anderen Lage sich im Mittel 62·3 Secunden fand, resultirt hieraus für die Dauer einer Schwingung (t) der Werth 1·038; das Quadrat hievon (t^2) ist 1·077, also findet sich g zufolge der obigen Formel: $\frac{10{\cdot}56}{1{\cdot}077} = 9{\cdot}81$ M.

Die massgebende Zeiteinheit ist die Secunde, weil in dieser Einheit die Schwingungszeit angesetzt wurde. Vergleichen wir dies in wenig Minuten erhaltene Resultat mit dem bekannten Werth der Schwerkraft in Wien, welche zufolge genauer Experimente 9·809 Meter beträgt, so finden wir eine wider Erwarten gute Uebereinstimmung.

---

[1]) Die folgenden Zahlen wurden während des Vortrages durch die directe Beobachtung bestimmt.

Indem ich Ihnen nun gezeigt habe, wie man die Schwerkraft zu bestimmen in die Lage kommt, will ich Ihnen kurz die Resultate mittheilen, welche man für dieses Element an verschiedenen Orten der Erde erlangt hat. Es zeigt sich nämlich, dass die Schwerkraft von der geographischen Breite, wenn auch nur innerhalb enger Grenzen, abhängig und im Allgemeinen am Aequator am kleinsten ist und daselbst etwa 9·781 Meter beträgt; die Schwerkraft nimmt gegen die Pole hin zu und würde für den Pol bis auf 9·831 Meter anwachsen. Man hatte in früherer Zeit sich die Schwerkraft für alle Theile der Erde gleich gedacht und ist, ich möchte sagen ganz zufällig, ohne darnach zu suchen, in der folgenden Weise darauf aufmerksam geworden, dass Unterschiede in dieser Beziehung bestehen. Jean Richer (Geburtsjahr unbekannt, gest. 1696 zu Paris) wurde im Auftrage der französischen Akademie im Jahre 1672 nach Cayenne gesandt, um daselbst astronomische und magnetische Beobachtungen anzustellen; er rüstete sich zu dieser Reise auch mit einer Pendeluhr aus, die er sich, um an Ort und Stelle keine Zeit mit deren Berichtigung zu verlieren, in Paris sehr genau regulirte und das so richtig adjustirte Pendel, fest geschraubt, auf die Reise mitnahm. Als er in Cayenne, welches nicht ganz fünf Grad vom Aequator entfernt ist, seine Uhr in Gang setzte, ohne am Pendel etwas verändert zu haben, und deren Gang mit dem Himmel verglich, hatte er die Enttäuschung, dass seine in Paris so gut regulirte Uhr

um mehr als zwei Minuten täglich zurückblieb und das Pendel wesentlich (etwa um 2 Millimeter) verkürzt werden musste, um den richtigen Uhrgang zu erzielen. Das so neuerlich regulirte Pendel zeigte aber bei seiner Rückkehr nach Paris einen ähnlichen Unterschied, aber in umgekehrtem Sinne. Newton (Isaak Newton, geb. 25. December 1642, julianisch, zu Whoolsthorpe, gest. 20. März 1726, julianisch, zu London), dem wir so Vieles verdanken, hat sofort für diese auffällige Thatsache die richtige Erklärung gegeben; die Ursache, warum die Schwerkraft mit der Annäherung an die Pole zunimmt, ist eine doppelte, lässt sich aber in letzter Linie auf eine Wirkung, nämlich auf jene der Fliehkraft, zurückführen, da ja in Folge dieser Kraft sich der Erdkörper zu einem Ellipsoid abplattet.

Denken Sie an das bekannte Experiment, bei dem man einen an einem Faden befestigten Stein in raschen Umschwung versetzt; der Stein scheint an dem Faden einen Zug auszuüben, der um so kräftiger wird, je rascher man den Stein in Umschwung setzt; diese so entstehende Kraftwirkung, welche den Stein vom Centrum der Bewegung zu entfernen scheint, nennt man die Fliehkraft oder Centrifugalkraft. Am Aequator muss ein Körper im Verlauf von vierundzwanzig Stunden einen solchen Umschwung vollenden, die Fliehkraft sucht ihn also vom Centrum der Erde zu entfernen, wirkt also der Schwerkraft entgegen und scheint sie daher zu vermindern; mit der Annäherung an den Pol wird aber diese Wirkung der Fliehkraft immer

geringer und sinkt am „ewig ruhenden Pol“ (Schiller, Spaziergang) zu Null herab, lässt daher die Schwerkraft in ihrem vollen Betrage zur Wirkung gelangen. Eine zweite Ursache für die Abhängigkeit der Schwere von der geographischen Breite ist darin zu suchen, dass ein abgeplattetes Ellipsoid, wie es ja bekanntlich die Erde ist, Punkte an seiner Oberfläche um so stärker anzieht, je näher diese Punkte seinem Mittelpunkte liegen; in der That befinden wir uns an den Polen näher an dem Mittelpunkte als am Aequator, daher wird auch aus dieser Ursache die Schwerkraft an den Polen stärker. Da wir also die Ursachen kennen, welche die Schwerkraft modificiren, nämlich die Fliehkraft und die Abplattung der Erde, so können wir auch ihren Einfluss berechnen, daher für jeden Erdort, somit auch für den Pol, den man bislang nicht zu erreichen vermochte, die Schwerkraft angeben, sobald nur eine Bestimmung an einem Orte, dessen Polhöhe bekannt ist, vorliegt. Umgekehrt kann man aber auch aus unter verschiedenen geographischen Breiten erhaltenen Bestimmungen der Schwerkraft offenbar einen Schluss auf die Abplattung der Erde ziehen. Der Zweck der grossen geodätischen Operationen, welche man unter dem Namen der Gradmessung zusammenfasst, ist wesentlich der Bestimmung der Gestalt der Erde gewidmet. Sie sehen, dass wir in unserem Pendel daher auch ein geodätisches Instrument besitzen, welches in keiner Weise in Bezug auf die zu erreichende Genauigkeit anderen Präcisions-Instrumenten nach-

steht, ja gerade die aus den Pendelbeobachtungen zu folgernden Werthe für die Abplattung der Erde verdienen sogar den Vorzug vor jenen, welche die anderen geodätischen Operationen ergeben. Will man aber in dieser Richtung Pendelbeobachtungen verwerthen, so wird man die Beobachtung unter Berücksichtigung aller störenden Umstände auf das Genaueste anstellen müssen und die gewonnenen Resultate wegen dieser Störungen berichtigen. Die scheinbar so leichte Operation, die ich mir Ihnen vorzuführen erlaubte, gestaltet sich dann ausserordentlich complicirt und verwickelt. Es kann nicht Gegenstand der heutigen Vorlesung sein, Sie mit allen diesen Vorsichten, die man bei einer Präcisionsarbeit zu beachten hat, bekannt zu machen, und Sie mit jenen Zweifeln zu behelligen, die ein gewissenhafter Beobachter den letzten Decimalstellen seines Resultates entgegenbringt; lassen Sie es sich genügen, dass Sie das Bestimmungsverfahren in seinen allgemeinen Umrissen erkannt haben, und erinnern Sie sich der Worte unsers grossen Dichters, mit dem ich den heutigen Vortrag schliessen will: „Eigentlich weiss man nur, wenn man wenig weiss, denn mit dem Wissen wächst der Zweifel." (Goethe, Sprüche in Prosa, Maximen und Reflexionen, III. Abtheilung.)

Die Wanderungen im Thierreiche.

Von

Dr. FRANZ NOË.

Vortrag, gehalten den 30. December 1885.

Eine der merkwürdigsten Erscheinungen, welche mit der Thiergeographie in unverkennbarem Zusammenhange steht, ist das „Wandern der Thiere". Auch auf diesem Gebiete hat die moderne Naturforschung begründend und erklärend zu wirken gesucht und sich bemüht, den Faden zu finden, der aus einem höchst verworrenen Labyrinthe von Einzelbeobachtungen zu einer nach allgemeinen Gesichtspunkten geordneten Erkenntniss führen könnte. Es soll im nachfolgenden versucht werden, einige der markantesten Thatsachen und bemerkenswerthesten Ansichten auf dem Gebiete der Thierwanderung zu erörtern, soweit hiebei die Wirbelthiere in Betracht kommen.

Wir wollen zunächst den Begriff des „Wanderthieres" feststellen als den eines solchen Thieres, welches alljährlich, also periodisch, zu bestimmten Jahreszeiten seinen Aufenthaltsort ändert und hiebei sehr grosse Wegstrecken zurücklegt. Dies festhaltend kann man Wallace [1]) beistimmen, wenn er der Ansicht ist, dass echte Wanderer wohl nur unter den Vögeln und

---

[1]) A. R. Wallace, „Die geographische Verbreitung der Thiere", 1876, I. Bd., pag. 22.

Fischen zu finden sind, obgleich absichtliche Aufenthalts-Veränderungen in verschiedenem Umfange und aus sehr verschiedenen Beweggründen in allen Thierclassen nicht selten vorkommen. Wir unterscheiden demnach unter regelmässigen und unregelmässigen Wanderern. Naturgemäss wenden wir unsere Aufmerksamkeit vor allem der Vogelwelt zu, weil in dieser das Wanderphänomen sich in vollendetster Entwicklung zeigt und hier die meisten Beobachtungen und Erklärungsversuche gemacht wurden. Eine sehr grosse Zahl von Fachmännern und Freunden der Naturwissenschaft haben in neuerer Zeit einen Schatz von Beobachtungen über den Vogelzug angehäuft, einen Schatz, dessen Hebung jedoch sehr schwierig ist, da in dieser Ueberfülle zerstreuter Thatsachen selten ein leitendes Princip, dagegen sehr häufig unlösbare Widersprüche zu finden sind. Die hervorragendsten Vertreter der Vogelkunde, wie Faber, Nauman, C. L. Brehm, Blasius Hanf, Jaekel, A. Brehm, Gaetke, die Gebrüder Adolf und Carl Müller, E. v. Homeyer und viele andere haben sich mit den Wanderungen der Vögel beschäftigt; zu ihnen gesellten sich in gleichem Streben die bekannten Reisenden und Naturforscher: A. v. Middendorff, Schrenk, Radde, Pallas, Przewalsky, Severzow u. a., während für die Erklärung des Phänomens besonders Wallace, Palmèn und Middendorff neue Gesichtspunkte aufstellten.

Wenn wir die Vogelfauna unserer Heimat durchmustern, so zeigt es sich, dass eine Anzahl von Arten

z. B. der Sperling, der Goldammer, die Schwarzdrossel, die Misteldrossel, der Zaunkönig, der Eichelheher, das Rebhuhn, der Auerhahn, die grosse Trappe und andere, das ganze Jahr hindurch Freud' und Leid mit uns theilen; wir nennen solche Arten „Standvögel". Andere wieder vereinigen sich nach beendetem Brutgeschäfte zu grösseren oder kleineren Gesellschaften und schweifen Nahrung suchend Herbst und Winter hindurch im Lande umher, kommen aus den Bergen in die Ebenen, aus den Wäldern in die Gärten und selbst auf die Felder, ein zigeunerhaftes Leben führend; es sind die „Strichvögel" unserer Ornithologen z. B. die Kreuzschnäbel, die Meisen, der Stiglitz, der Gimpel, der Zeisig, die Haubenlerche, der Steinadler und der Uhu. Eine sehr grosse Zahl unserer Vögel, darunter viele kleinere Raubvögel, die meisten insectenfressenden Sänger, die Tauben und viele Schwimm- und Sumpfvögel, verlassen uns im Herbste, um die schlechte Jahreszeit in nahrungsreicheren, wärmeren Ländern zu verbringen; das sind die echten „Zugvögel". Es muss jedoch betont werden, dass der Unterschied zwischen Stand-, Strich- und Zugvogel nur für eine bestimmte Gegend volle Geltung hat; besonders weit verbreitete Arten können je nach dem Beobachtungsorte in jede der genannten Kategorien eingetheilt werden.

Die Zeit der Abreise fällt für die Mehrzahl unserer Zugvögel ungefähr mit der herbstlichen Tag- und Nachtgleiche zusammen, also in die zweite Hälfte des Monats

September. Um diese Zeit reisen z. B. die Schwalben und die Mönchsgrasmücken, doch verlassen uns auch schon im August manche Arten, so der Mauersegler *(Cypselus apus)*, welchen A. Brehm schon am 5. August in Chartum einwandern sah, desgleichen der Kukuk, der Pirol, die Wachtel und andere. In der ersten Hälfte des September ziehen unter anderen auch die Nachtigall, die Laubsänger und Fliegenfänger, dagegen erfolgt die Abreise der Sperber, Habichte, der Rothkehlchen, Bachstelzen und Rothschwänzchen, der Lerchen, Singdrosseln, Ringeltauben, Waldschnepfen, Enten und Gänse erst im October. Die Zeit der Abreise ist jedoch bei vielen Arten sehr variabel und, wie vielfache Beobachtungen lehren, von der Witterung abhängig. Bei den Schwalben verschiebt sich die Abreise oft bis in den October, auch bei vielen anderen Arten ist häufig beobachtet worden, dass sie, wenn das Herbstwetter schön ist, nur zögernd die Reise antreten; ja nicht selten werden solche Säumige von plötzlich eintretender Kälte und Nahrungsmangel überrascht. Es ist sehr interessant, dass es stets die jungen, unerfahrenen Vögel sind, welche sich durch einen schönen Herbst gleichsam täuschen und oft zu ihrem Verderben zu lange von der Reise abhalten lassen. [1]) Viel genauer als bei der Abreise wird eine bestimmte Zeit bei der Ankunft im Frühjahre eingehalten. Trotz

---

[1]) A. v. Middendorff, „Reise in dem äussersten Norden und Osten Sibiriens." St. Petersburg 1875, IV. Bd.

anhaltend ungünstigen Wetters findet die Ankunft im allgemeinen sehr regelmässig statt und Schwankungen von sieben bis höchstens vierzehn Tagen sind schon eine Seltenheit; der Vogel zögert oft im Herbste, uns zu verlassen, beeilt sich aber im Frühlinge, rechtzeitig wieder einzutreffen. Hierüber hat besonders Middendorff eingehende Studien gemacht. Er verband in Russland und Sibirien die Orte mit gleicher Ankunftszeit bestimmter Vogelarten durch Linien, welche er Isepiptesen [1]) nannte; es zeigte sich, dass diese Linien mit den Parallelkreisen durchaus nicht zusammenfallen, und dass stets jene Orte eine für ihre geographische Breite verspätete Ankunftszeit der Wandervögel haben, für welche sich in der Zugrichtung gelegene grössere Hindernisse, als hohe Gebirge, Meeresflächen, Wüsten, nachweisen liessen. Am frühesten erfolgt die Ankunft immer an solchen Orten, für welche die Zugrichtung mit Meeresküsten und breiten Flussthälern zusammenfällt.

Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Vögel im Frühjahre in der umgekehrten Reihenfolge des herbstlichen Abzuges eintreffen. Diejenigen, welche am spätesten fortzogen, kommen am frühesten wieder an, und die als die ersten uns verliessen, erscheinen als die letzten wieder. So kommen die Lerchen und Rothkehlchen häufig schon im Februar, die Schnepfen

---

[1]) „Isepiptesen Russlands.“ (Mém. de l'Acad. Imp. d. sc. de St.-Pétersb., sc. natur., T. VIII.)

und Singdrosseln im März, die Schwalben, Nachtigallen, Wachteln im April, der Kukuk Ende April oder im Anfange des Mai, der Pirol und der Mauersegler im Mai. Hinsichtlich der Tageszeit des Zuges hat man beobachtet, dass die grossen und starken Wanderer sowie die kleinen, aber sehr fluggewandten Arten meistens bei Tag reisen; die minder flugtüchtigen Vögel ziehen mit Vorliebe bei Nacht oder, nach Homeyer,[1]) vielmehr in der Morgen- und Abenddämmerung. Es ist offenbar das Gefühl grösserer Sicherheit, welches die schwächeren und schlechter fliegenden Arten veranlasst, unter dem Schutze der Dunkelheit zu wandern. Dem entsprechend sieht man bei Tage ziehen die Tagraubvögel, Schwalben, Krähen, Kukuke, Lerchen, Staare, Tauben, Kraniche, Störche und andere. Nur zur Nachtszeit, respective in der Dämmerung, wandern nach C. L. Brehm alle echten Nachtvögel, die meisten Sänger, die Wachteln, die Waldschnepfen, die Wasserhühner, die Steissfüsse und viele andere.

Alle Beobachtungen weisen darauf hin, dass die Witterung einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Vogelwanderungen ausübt. Heitere, warme Tage, ruhige, sternklare und mondhelle Nächte wirken entschieden zugbefördernd, und wenn manche Drosseln, nach Homeyers Beobachtungen, mit Vorliebe bei trübem Wetter reisen, so lässt sich das wohl auf die hiebei stattfindende grössere Sicherheit der Wanderer

---

[1]) E. v. Homeyer, „Die Wanderungen der Vögel", 1881.

zurückführen. Anhaltend schlechtes, besonders stürmisches Wetter unterbricht den schon begonnenen Vogelzug oft auf mehrere Tage gänzlich, und die Wanderer suchen Schlupfwinkel und Nahrung auf. Wenn dann endlich ein günstiger Witterungsumschlag eintritt, so erfolgt der Abzug oder Weiterzug in ungewöhnlich lebhafter und auffallender Weise; es entstehen sogenannte Wandertage [1]) mit einer Ueberfülle von durchziehenden Vögeln. Obgleich sich, wie schon oben bemerkt wurde, die Zugvögel im Frühlinge von ungünstiger Witterung weniger abschrecken lassen, so ist es doch eine viel beobachtete Thatsache, dass die Wanderer bei solchem plötzlich eintretenden nachwinterlichen Wetter ihren Zug unterbrechen und Schutzorte aufsuchen; ein Rückzug der einmal an ihrem Bestimmungsorte angelangten Vögel infolge unerwarteter schlechter Witterung wird von den meisten Beobachtern geläugnet, es sind jedoch solche Rückzüge, gleichsam ein Retiriren vor dem Wetter, von Homeyer [2]) bei Lerchen und Schwalben beobachtet worden. Sehr getheilt sind die Meinungen der Ornithologen über die Wirkung des Windes auf den Vogelzug. Man war früher der Ansicht, dass die Vögel mit Vorliebe gegen den Wind ziehen, weil solcher Gegenwind die Flügelmulde von unten her füllt und so den Vogelleib tragen hilft, mithin den Flug erleichtert, andererseits auch das Gefieder glättet und hiedurch

---

[1]) Homeyer, l. c.

[2]) l. c.

den Leib warm hält, während der in der Flugrichtung wehende Wind den Vogel von oben her belastet und herabdrückt, das Gefieder aufwühlt, hiedurch den Widerstand vergrössert und den Leib stark abkühlt. Neuere Beobachter, an ihrer Spitze Homeyer,[1]) sind jedoch zu der Ueberzeugung gekommen, dass die Wanderung hauptsächlich mit dem Winde erfolge, und dass die eben genannten Nachtheile thatsächlich nicht eintreten können, weil die Mehrzahl dieser Wanderer schneller fliegt, als die Geschwindigkeit eines starken Windes beträgt. Die mittlere Geschwindigkeit einer Brieftaube ist nach Homeyer 1200 bis 1400 Meter in der Minute, die Geschwindigkeit eines sehr starken Windes beträgt aber 1100 bis 1500 Meter per Minute. Jedenfalls hat der Vogel, wenn er mit dem Winde fliegt, einen viel geringeren Luftwiderstand zu überwinden, spart daher bedeutend an Kraft. Diese Anschauung gewinnt an Sicherheit durch die zahlreichen Beobachtungen Homeyers, der Gebrüder Müller und anderer, dass im Herbste die Kälte, welche den Vogel zur Abreise zwingt, meist mit Nord- oder Nordostwind eintritt, und dass umgekehrt der Vogelzug und die Ankunft der Wanderer im Frühjahre bei den in dieser Jahreszeit häufigen Süd- oder Südwestwinden besonders lebhaft und auffallend stattfindet, die Vögel also mit Vorliebe den genannten Luftströmungen folgen. Middendorff hat gefunden, dass der Wind

---

[1]) l. c. pag. 189 ff.

von keinem nachweisbaren Einflusse auf den Vogelzug sei.

Dass die Richtung des Vogelzuges im allgemeinen dem Verlaufe der Meridiane entsprechen, also nordsüdlich sein müsse, ist einleuchtend. Sowie aber das Klima nicht allein von der geographischen Breite, sondern auch von localen Verhältnissen abhängt, so ist auch die Richtung des Vogelzuges in jedem Welttheile mannigfachen, von den physischen Verhältnissen desselben abhängigen Einflüssen unterworfen. Nach den übereinstimmenden Beobachtungen der deutschen Ornithologen ist die Hauptrichtung des Zuges für Mittel- und Westeuropa eine nordost-südwestliche, d. h. südwestlich im Herbst, nordöstlich im Frühjahr. Wie schon C. L. Brehm [1]) sehr richtig hervorhebt, hängt das wohl damit zusammen, dass in Europa durch den Einfluss des Golfstromes Orte gleicher geographischer Breite gegen Westen hin ein immer milderes Klima besitzen, welches der Vogel ja auf seiner Reise aufsucht. So wie der Frühling mit dem Südwestwind zu uns kommt, so auch die Zugvögel, während sie der im Herbste vorherrschende kalte Nordostwind vertreibt. Deshalb erblicken die Gebrüder Müller in den Windströmungen den grossen Führer unserer Vögel auf deren Wanderungen [2]) und sind gleich Homeyer der Ansicht, dass kein mitteleuropäischer Vogel den Winter

---

[1]) C. L. Brehms hinterlassene Handschrift citirt bei E. v. Homeyer, l. c. pag. 183—184.

[2]) Gebrüder Müller cit. bei E. v. Homeyer, l. c. pag. 390.

in Egypten, Kleinasien oder Indien zubringt. Aus den zahllosen Einzelbeobachtungen über Vogelzug geht deutlich hervor, dass die Wanderer mit Vorliebe den Thälern grösserer und kleinerer Flüsse, wohl auch dem Verlaufe der Wälder, wenn solche der allgemeinen Zugrichtung entsprechend gelegen sind, folgen, mithin gewisse Strassen einhalten. C. L. Brehm sagt ausdrücklich: „dass die Vögel gewisse Strassen haben, die sie während des Zuges genau einhalten". Nach Brehm[1]) ist der Rhein eine besonders frequentirte Zugstrasse, desgleichen die Oder, die Elbe und die Donau, in Frankreich die Rhône und Garonne, in Spanien der Guadalquivir und Guadiana, in Russland die Weichsel, der Dnjeper, der Don und insbesonders die Wolga. Die Alpen sind für viele Zugvögel ein bedeutendes Hinderniss. Nicht wenige Arten Westdeutschlands und der nördlichen Schweiz vermeiden es über die Alpen zu fliegen und folgen dem Laufe der Rhône nach Süden; ebenso wandern viele auf der Rückreise längs der Rhône über den Genfersee, andere folgen dem Polaufe und nehmen sodann den Weg über einen Alpenpass nach Norden.[2]) Es ist interessant, dass kein Zugvogel über die Alpengipfel fliegt, sondern stets eine tiefere Passeinsenkung aufsucht. Unter den Alpenpässen ist besonders der St. Gotthard stark von Zugvögeln frequentirt, weil zu ihm von Norden her eine

[1]) Vide: „Wohnungen, Leben und Eigenthümlichkeiten in der höheren Thierwelt" von A. u. K. Müller, 1869.

[2]) A. u. K. Müller, l. c.

Kette von Seen führt und auch im Süden nahe bei ihm grössere Seen liegen, so dass viele Wanderer, besonders Sumpf- und Schwimmvögel, auf dieser Strasse viele passende Raststationen finden. Auch der von Bergen eingeengte und nur in der Hauptzugrichtung gegen Nord und Südwest offene Genfersee ist aus ähnlichen Gründen ein beliebter Sammelplatz zahlloser Wanderer. [1])

Für Asien liegen neuere sehr interessante Beobachtungen über die Zugrichtung der Vögel von Przewalsky und Middendorff vor. Dieser letztere vortreffliche Beobachter nimmt in Russland und Sibirien folgende Zugstrassen [2]) an: die aral-kaspische Objstrasse, sie führt von Egypten und Ostindien längs des persischen Golfes, beziehungsweise längs des Südwestrandes des Himalaya in die aral-kaspische Niederung zu den Flüssen Tobol, Irtysch und Obj. Die vom Kaspisee längs der Wolga über den Ural zum Tobol führende Zugstrasse schliesst sich der erstgenannten an. Eine andere ist die Wolga-Petschorastrasse. Vom Nil führt eine Zugstrasse über Kleinasien und den Pontus zur Donau und zum Dnjester. In Ostasien finden sich Andeutungen einer Zugstrasse vom Ochotskischen Meer zur Lena. Middendorff vergleicht die Zusammenstellung aller Zugwege einer bestimmten Vogelart mit einem Baume, dessen Blätter die Nistorte, dessen

---

[1]) A. u. K. Müller, l. c.

[2]) Middendorff, l. c. IV. Bd. pag. 1155 ff.

Zweige die Nebenwege und dessen südwärts gerichteter Stamm die Hauptzugstrasse vorstellt.

Einige hochnordische Zugvögel, wie *Anas spectabilis*, *A. bernicla*, *A. hyperboreus* und *Larus Sabinei*, scheinen, nach den Beobachtungen Middendorffs, bei ihrem Abzug und bei ihrer Ankunft Querstrassen, die von der Nord-Süd-Richtung um nahezu 90 Grade abweichen, einzuhalten. Eine solche Querstrasse wird von der Nordküste Sibiriens gebildet, eine zweite führt längs des Nordrandes des Hochlandes von Centralasien. Diese Querstrassen werden bis an die Küsten des grossen und atlantischen Oceans verfolgt, worauf die Zugrichtung gegen Süden, respective gegen Norden abschwenkt. In Europa bildet die untere Donau eine solche Querstrasse. [1])

In ungleich höherem Masse als die Alpen in Europa wirken die öden Hochflächen und Schneegebirge Centralasiens auf den Zug der Vögel störend und ablenkend ein. So ist über Zugpässe im Himalaya noch nichts Sicheres bekannt, die Beobachtungen Przewalskys[2]) an dem merkwürdigen Steppensee Lob-Nor im westlichen Theile der Wüste Gobi zeigen vielmehr, dass riesige Wanderschaaren im Frühjahre von Westsüdwest dort zur Rast anlangen und gegen Nordost weiter ziehen. Nachdem diese Wandervögel (unter ihnen be-

---

1) Middendorff, l. c.

2) N. M. Przewalsky, „Reise an den Lob-Nor und Altyn-Dagh in den Jahren 1876 und 1877“. (XII. Ergänzungsband zu „Petermanns Geographischen Mittheilungen“, 1878.)

sonders viele Enten, wie *Dafila acuta, Cosarca rutila* und *Fuligula rufina*) südlich vom Himalaya den Winter zubringen, so überfliegen sie mit Rücksicht auf die am Lob-Nor beobachtete Zugrichtung das genannte Gebirge nicht der Quere nach, sie weichen vielmehr den kalten und unwirthlichen Hochflächen von Tibet aus, ziehen am Südabhange des Himalaya gegen West bis etwa in die Gegend von Khotan und von da durch die niedere und wärmere Wüste zum Flusse Tarim und Lob-Nor. Im Herbste findet der Zug in umgekehrter Richtung statt. Auch ein Umfliegen der Scheitelfläche Centralasiens gegen Nordost bis in die Breite von Peking hat Przewalsky beobachtet. In Nordamerika sind die Nord-Süd gerichteten Wanderbewegungen der Vögel fast gänzlich auf die Ostküste beschränkt, dort aber um so auffallender, als im Osten von Nordamerika die Vogelwelt hauptsächlich aus Wanderern besteht.[1])

Die Meeresküste bildet für viele Wanderer, aber durchaus nicht immer für die schlechtesten Flieger, eine Grenze ihrer herbstlichen Reisen. Am Nordgestade des Mittelmeeres findet sich in jedem Herbste eine sehr zahlreiche und bunte Vogelgesellschaft zusammen. Nach der Ansicht von Wallace, Middendorff und Palmèn ziehen nun die Weiterreisenden längs der Küste der südwärts gerichteten Halbinseln bis an Europas Südspitzen, um von dort aus an den schmalsten Stellen das Meer zu überfliegen und Kleinasien

1) Wallace, l. c.

oder Afrika zu erreichen. Die zwischenliegenden Inseln bieten vielen der schlechter fliegenden Wanderern willkommene Raststationen. Wallace[1]) führt drei solcher Mittelmeerbrücken an: Gibraltar-Afrika, Sicilien-Malta-Afrika und Griechenland-Cypern-Asien oder Afrika. Auch für das Ueberfliegen der Nordsee werden ähnliche Verhältnisse angegeben; besonders Helgoland ist ein klassischer Beobachtungsort für den Vogelzug.

Unter Berufung auf die zahlreichen Beobachtungen über Zugstrassen der Wandervögel hat Palmèn,[2]) die Ansichten Wallaces und Middendorffs weiter ausbildend, nachzuweisen versucht, dass der Zug der Vögel nur längs bestimmter Zugstrassen, welche in den bedeutenderen Flussläufen und in den Meeresküsten gegeben sind, stattfinde. Er fasst das Resultat seiner Untersuchungen in folgendem Satze zusammen: [3])

„Während der Züge zwischen den Brüte- und Winterstationen ziehen die bisher untersuchten Arten keineswegs ohne Regel in beliebigen Richtungen und durch beliebige Gegenden, und ebensowenig folgen sie während des ganzen Zuges einer und derselben Himmelsrichtung. Im Gegentheil ziehen sie längs bestimmter Strassen, welche geographisch begrenzt sind und welche von den nördlicher gelegenen Brütestationen zu den südlichen Winterstationen in den verschiedensten

---

[1]) l. c. I. Bd., pag. 24.

[2]) „Die Zugstrassen der Vögel“, von J. A. Palmèn, 1876.

[3]) l. c. pag. 142.

Biegungen verlaufen. In den Gegenden neben diesen Wegen und zwischen denselben ziehen diese Vögel in der Regel gar nicht.“ Er ist ferner der Ansicht, dass die Vögel den Flussläufen so lange folgen, als diese nicht um 90 Grade von der eigentlichen Zugsrichtung abweichen.

Es lässt sich jedoch nicht läugnen, dass Palmèns Hypothese auf etwas schwachen Füssen steht, besonders deshalb, weil sie auf die Beobachtung einer zu kleinen Artenzahl (19) sich stützt, und weil die Angaben über das oft nur vereinzelte Vorkommen der gewählten Arten in einer bestimmten Gegend allzu kritiklos benützt wurden, wenn sie in das System passen. Palmèns Ansichten haben vor einigen Jahren durch E. v. Homeyer[1]) eine sachkundige Erwiderung und theilweise Widerlegung erfahren, und es ist sehr zu bedauern, dass Homeyer seine fleissige Arbeit durch masslose und nicht gerechtfertigte Angriffe auf die Entwicklungslehre, welche ihn zu den seltsamsten Widersprüchen führen, in zoologischen Kreisen selbst in Misscredit gebracht hat. Homeyer vertritt die Ansicht, dass die Wandervögel keineswegs bestimmte geographisch abgegrenzte Zugstrassen einhalten, dass vielmehr jede Art aus ihrer Heimat in breiter Front, fächerförmig oder strahlenförmig und gleichmässig über weite Landstrecken hinziehe; scheinbare Zugstrassen entstehen nur dort, wo die Vögel in Folge

---

[1]) l. c.

grosser unüberwindlicher Hindernisse gezwungen sind, ihre Front zu verschmälern und gewisse Punkte aufzusuchen, um die Reise überhaupt fortsetzen zu können. Er bestreitet auch die Existenz der drei oben genannten Brücken über das Mittelmeer und behauptet, dass die Uebersetzung des Meeres überall stattfinden könne und wirklich stattfinde, weil das Flugvermögen selbst der unbeholfeneren Wanderer immer noch ausreiche, um das Mittelmeer an seiner breitesten Stelle (etwa 300 Seemeilen) zu überfliegen. Ein besserer Flieger würde hiezu ungefähr fünf Stunden gebrauchen.

Homeyer glaubt, dass der Annahme von Zugstrassen eine Verwechslung mit den regelmässigen Raststationen der Wandervögel zu Grunde liege. Dass die Wanderer wohl ausnahmslos bei dem Herbst- und Frühlingszuge Raststationen halten, wird von allen Beobachtern angegeben. Stets werden solche Localitäten regelmässig aufgesucht, die reichlich Futter bieten; doch ist auch der Grad der Sicherheit massgebend bei der Wahl der Raststationen. Einsame Teiche, Sümpfe, Seen und Meeresbuchten sind bei entsprechender Lage in der Zugrichtung die bevorzugten Rastplätze zahlreicher Wanderer, die sich an solchen Orten oft sehr auffällig zusammendrängen und grosse Gesellschaften bilden. Die nach Südwest führenden Zugrichtungen der europäischen Wandervögel müssen aber, wie aus der Karte ersichtlich, die bedeutenderen europäischen Flussläufe schneiden; solche Stellen sind ebenfalls beliebte Rastplätze. Diese längs eines Flusslaufes ver-

theilten Raststationen sind nun nach Homeyer[1]) fälschlich als ebensoviele Etappen an Zugstrassen, die den Flüssen folgen, aufgefasst worden. Weitere, längs bestimmter Flüsse systematisch angestellte Beobachtungen über die Richtung des Kommens und Gehens der Wanderer können allein entscheiden, welche Ansicht die richtige ist. Es sei nur noch bemerkt, dass auch gewisse Felder und Waldstrecken, sowie bestimmte Thalzüge regelmässig besuchte Rastplätze sind, wie das jedem Vogelfänger, der sein Handwerk versteht, genugsam bekannt ist. Durch Przewalskys Reisen ist der schon oben erwähnte See Lob-Nor[2]) in Centralasien als eine Raststation in grossem Style bekannt geworden. Schon in den ersten Tagen des Februars treffen dortselbst, trotz strenger Kälte, Schaaren von Möven *(Larus brunneicephalus)* und Schwänen *(Cygnus olor)* ein. Der Durchzug dauert etwa zwei Wochen; während dieser Zeit vergeht kaum eine Minute im Tage, die nicht gewaltige Flüge von neuen Gästen brächte. Die kommenden und gehenden Enten bilden oft Scharen von 2000 bis 5000 Stück. Ihnen gesellen sich verschiedene Reiherarten, Gänse, Möven, Wasserhühner u. a. zu, und trotz dieser grossen Versammlung herrscht verhältnissmässige Stille über dem Röhricht; alle Gäste sind mit der Nahrungssuche vollauf beschäftigt.

Neben den regelmässigen Raststationen entstehen zufällige oder unregelmässige Rastplätze nach

[1]) l. c.

[2]) Przewalsky, l. c.

Homeyer häufig im Frühjahre, wenn ein plötzlich eintretender Witterungs-Rückschlag den Zug unterbricht und die Wanderer, besonders die kleineren und schwächeren Arten, zwingt, geschützte Localitäten und Nahrung aufzusuchen. Auch das ungewöhnlich reichliche Vorhandensein einer gewissen Nahrung auf irgend einem Platze kann verursachen, dass dieser für bestimmte Arten zu einer unregelmässigen Raststation wird. Solches hat Homeyer[1]) für den Kukuk im Jahre 1848 in Deutschland (veranlasst durch sehr zahlreiche Puppen von *Liparis monacha*) und im Jahre 1878 im südlichen Ungarn (ungewöhnliche Verbreitung der Raupen von *Cnetocampa processionea*) beobachtet.

Es ist bekannt, dass viele Wanderer vor der Abreise sich zusammenrotten, förmliche Flugübungen anstellen und in Gesellschaft abreisen. So versammeln sich die reiselustigen Staare im Geschilfe, die Rothkehlchen im Gebüsch, die Saatkrähen an Waldrändern, die Störche auf Wiesen, die Schwalben auf Thürmen, Telegraphendrähten und einzeln stehenden hohen Bäumen. Andere Arten, wie die Nachtigallen und Grasmücken, ziehen einzeln oder vielmehr in zerstreuter Ordnung. Kleinere Wanderer bilden überhaupt auf der Reise nur lockere Verbände ohne bestimmte Reihenfolge. Die grossen Zugvögel, wie Kraniche, Störche, Enten, Wildgänse, halten dagegen strenge Ordnung während des Fluges und ziehen in der bekannten Keil-

---

[1]) l. c. pag. 223.

form, kleinere Gesellschaften auch in geraden Linien. Diese Keilordnung hat offenbar den Zweck, den Luftwiderstand leichter bewältigen zu können. Der an der Spitze fliegende Führer hat den grössten Widerstand zu überwinden ermüdet daher schneller als die hinten folgenden Thiere und wird deshalb regelmässig von einem der Hintermänner abgelöst. Die grossen und guten Flieger ziehen sehr hoch und ausdauernd über weite Strecken. Es zieht jedoch kein Vogel höher, als es seine Sicherheit und der zur Orientirung nöthige Ueberblick erfordern. Könnten die Wanderer in jeder Höhe ziehen, so wäre es gewiss unnöthig, dass sie, wie oben erwähnt, stets die Gebirgspässe einhalten.[1])

Es ist interessant, dass die Männchen und Weibchen fast immer getrennt ziehen, und zwar die letzteren später, sowohl im Herbst als im Frühling. Die Männchen gehen zuerst fort und kommen zuerst an, wie dies allen Vogelstellern längst bekannt ist. Die gesammelten Erfahrungen zeigen ferner, dass die alten Vögel ausnahmslos vor den Jungen fortziehen; diese ziehen später für sich und folgen, nach der Ansicht von Wallace,[2]) den vereinzelten Nachzüglern der Alten.

Eine ebenso interessante als wichtige Frage ist die nach den Winterquartieren der Zugvögel. Leider sind gerade hierüber die Beobachtungen noch sehr spärlich und vielfach sich widersprechend. Man kann als

---

[1]) A. u. K. Müller, l. c.

[2]) l. c. I. Bd., pag. 33.

für alle Welttheile giltig sagen, dass im Winter (der nördlichen Hemisphäre) eine Anhäufung der Wandervögel zwischen dem Aequator und dem Wendekreis des Krebses stattfindet, im Sommer dagegen eine Zerstreuung der versammelten Scharen von den Tropen aus gegen Norden. Nach Wallace verbringen die meisten Zugvögel des gemässigten Europas den Winter in Nordafrika und Westasien, unsere Wintergäste stammen dagegen aus dem äussersten Norden Europas und Asiens. Unsere Nachtigall gibt in ihrer geographischen Verbreitung das typische Beispiel eines echten Wandervogels. Nach Wallace[1]) „bewohnt dieser Vogel während des Winters fast ganz Nordafrika, Kleinasien und das Jordanthal. Früh im April geht sie auf einer der drei Brücken nach Europa hinüber und verbreitet sich über Frankreich, England, Dänemark und den Süden von Schweden, welchen sie anfangs Mai erreicht. Sie geht nicht nach der Bretagne, nicht nach den Inseln des Canals oder nach dem westlichen Theile von England. Sie verbreitet sich über Centraleuropa, durch Oesterreich-Ungarn nach Südrussland und den wärmeren Theilen Sibiriens, dessenungeachtet aber brütet sie im Jordanthale, so dass es an einigen Orten nur der Ueberschuss der Bevölkerung ist, welcher wandert."

Nach C. L. Brehm gehen die weissschwingigen Möven von Grönland bis Island, der rauhfüssige Bussard, die Leinzeisige, die Wachholderdrossel, der Seidenschwanz nur bis Deutschland; Feldlerchen, Amseln,

---

[1]) l. c. I. Bd., pag. 26—27.

Rothkehlchen bis Südfrankreich und Spanien, der Wander- und Thurmfalke, die Pirole, Kukuke, Schwalben, Segler, Blauracken, Bienenfresser, Wachteln, viele Rallen, Schnepfenarten, Wasserhühner und Enten nach Afrika und die osteuropäischen grösstentheils in die Nilländer. Viele Zugvögel überwintern schon jenseits der Alpen in Südeuropa. Besonders stark besucht sind im Winter die Sierra Nevada und andere südspanische Bergketten, in deren Wäldern sehr viele unserer Sänger, wie das Rothkehlchen, die Singdrossel, Edelfinken, Lerchen und Staare, aber auch Wildtauben, Schnepfen und Kiebitze winterliche Unterkunft finden. Je milder der Winter, um so zahlreicher ist die Vogelgesellschaft dortselbst.

Jedenfalls bis in die heisse Zone wandern die Zwergadler und Thurmfalken, der Ziegenmelker, die Schwalben, der Kukuk, die Goldamsel, Nachtigall, der rothrückige Würger, die Grasmücken, Bachstelzen und Fliegenfänger, Pieper, Kraniche, Störche, Wachteln und andere. Einige von den Genannten, die besonders flugfähig sind, wie die Segler, Schwalben und Bienenfresser, dürften, neueren Beobachtungen zufolge, sogar noch südlich vom Aequator zur Winterszeit weilen. Besonders zahlreich sind die Wintergäste an der sumpfigen Deltamündung des Nil. Von dem Leben und Treiben der bunten Gesellschaft zahlloser Schwimm- und Wadvögel, welche sich im Herbste auf dem Mensalehsee versammelt, gibt A. Brehm in seinem „Thierleben“ eine ebenso anschauliche als malerische

Schilderung. Auch der wald- und wasserreiche Sudan [1]) ist ein Massenquartier für die Zugvögel des Nordens, und nach den Berichten von Wallace [2]) erhält die Vogelfauna des Tieflandes von Hindostan zur Winterszeit durch die Menge von Wanderern aus Europa und Westasien ein fast europäisches Gepräge. Es sind darunter Lerchen, Bachstelzen, Drosseln, Ammern, Wachteln, Würger, Staare und Wiedehopfe. „Einige Arten von Kranichen und Störchen, viele Enten und Schnepfen besuchen ebenfalls Indien im Winter, und um diese zu jagen kommt eine Bande von Raubvögeln — der Wanderfalke, der Raubfalke, der Thurmfalke, der gewöhnliche Sperber, der Bussard und die kurzohrige Eule.“ Gegen diese Angaben wendet sich jedoch Homeyer, [3]) indem er unter Hinweis auf die für Europa geltende südwestliche Zugrichtung annimmt, dass kein Vogel des mittleren und westlichen Europa nach Egypten oder gar nach Asien wandere; die angeblich europäischen Vögel Indiens müssten daher alle eingeborne Asiaten sein. Aus dem über die Winterquartiere Gesagten ergibt sich, dass die Wandervögel sehr bedeutende Wegstrecken zurücklegen. Unsere Schwalben durchwandern Entfernungen von 48—50 Breitegraden, und *Anser albifrons,* welche nach Middendorff nur im nördlichsten Sibirien schon ausserhalb der Waldgrenze brütet, überwintert am Nil, legt also Wege

[1]) A. u. K. Müller l. c.
[2]) l. c. I. Bd., pag. 28.
[3]) l. c. pag. 49.

von 35—50 Breitegraden zurück. Bei dem Zurücklegen dieser Wegstrecken verbrauchen die Wanderer, wenn man die bedeutende Schnelligkeit des Fluges der meisten berücksichtigt, auffallend viel Zeit. Baird[1]) hat beobachtet, dass *Hirundo rustica* sich in Cairo durchschnittlich am 25. März zum ersten Male auf dem Rückzuge zeigt, sie wandert nach Middendorff vom Nil nordöstlich zum Objflusse und kommt dort unter dem 64. Breitegrad durchschnittlich am 19. Mai an; das würde für einen Tag ungefähr $8^1/_2$ bis $9^1/_3$ Meilen Wanderung ergeben. *Grus cinerea* kommt durchschnittlich am 2. März alten Styles nach Smyrna und trifft in Finnland unter $60^1/_2$ Grad nördlicher Breite durchschnittlich am 8. April alten Styles ein; daraus folgt ebenfalls eine tägliche Wegstrecke von nur 9 geogr. Meilen. Dieser offenbare Widerspruch zwischen bekannter Flugfähigkeit und berechneter täglicher Wegstrecke lässt erschliessen, dass die Wanderer unter normalen Umständen sehr gemächlich ziehen, und dass selbst die rasch fliegenden unter ihnen offenbar nicht in einem Zug fortfliegen sondern Raststationen halten, an denen sie mitunter wochenlang verweilen mögen.

Nachdem wir das Thatsächliche der Vogelwanderung in äusserster Kürze zu überblicken versucht haben, drängt sich uns ganz von selbst die Frage auf: Was leitet die Scharen auf ihrem weiten, gefahrvollen Wege mit solcher unfehlbarer Sicherheit, dass der

---

[1]) „Isis", 1867, pag. 57.

Vogel nicht nur sein Winterquartier sondern im nächsten Frühjahre auch den Busch, in dem er gebrütet, die Mauerecke, welche sein Nest trägt, wiederfindet? Wie orientirt sich der Vogel? Den älteren Ornithologen war diese Frage zu spitz, dieses Räthsel zu kraus, sie halfen sich mit dem Hinweis auf einen „Instinct", das heisst sie setzten für ein Räthsel ein anderes als Erklärung hin. Die moderne Naturforschung ist nicht sonderlich gut zu sprechen auf den Instinct, durch welchen eine besondere Kategorie nur dem Thiere zukommender psychischer Fähigkeiten bezeichnet werden soll. Die Forschung ist allerdings noch weit davon entfernt, alle Lebensräthsel aufgedeckt zu haben, und gerade die Wanderungen der Thiere bieten des Unerklärten noch übergenug, jedoch hinsichtlich der Orientirung der Wanderer dürfte der Weg zur richtigen Erkenntniss doch schon gefunden sein. Wir müssen uns nur stets gegenwärtig halten, dass die Vögel überaus fein- und scharfsinnige, für äussere Einflüsse überaus empfindliche Organismen sind. Das Einhalten bestimmter Luftstrassen wird dann kaum merkwürdiger und für unsere groben Sinne wohl nicht unbegreiflicher sein als das analoge Einhalten bestimmter „Wechsel" bei so vielen Landthieren. „Es lässt sich denken" — sagt A. Brehm [1]) — „dass der fein empfindende Zugvogel bei seiner Reise nach dem Süden oder Norden von ihm erkennbaren uns aber unmerklichen Ein-

---

[1]) „Das Leben der Vögel."

flüssen der zu- und abnehmenden Wärme geleitet wird." Die Gebrüder Müller, äusserst vorsichtige und zuverlässige Beobachter, äussern sich folgendermassen: „Wir erblicken in den Windströmungen der Atmosphäre im Herbste und im Frühling den grossen Führer unserer Vögel auf ihren Wanderungen. Wohl ergänzt und modificirt diesen der Vogel erheblich durch seinen schon hervorgehobenen ausserordentlich entwickelten Ortssinn, vermöge welchem er das Thal, die Flur, den Hain oder das Gebüsch und das Haus nach den Hunderten und Tausenden von Stunden Wegs wiederfindet. Wollten wir dieses läugnen, so müssten wir ja dem Thiere jede geistige Selbstthätigkeit, jedes freie Handeln absprechen." [1])

Middendorff[2]) unterscheidet zwischen Richtsinn und Ortssinn. Beide sind dem Vogel in hohem Grade eigen. Vermöge des Richtsinnes findet der Vogel die Weltgegend, also die allgemeine Zugrichtung und die Heimat in weiterem Sinne. Der Richtsinn verlässt den Vogel nie, d. h. die Zugrichtung (Weltgegend) verliert er auch bei Nacht und Nebel nicht. Einmal im Norden, in dem Brutgebiete angelangt, hilft dann der Ortssinn, das ungemein scharfe Ortsgedächtniss bei der Auffindung des alten Brutplatzes. Middendorff weist auf den ebenfalls staunenswerth hoch entwickelten Richt- und Ortssinn der Naturmenschen, z. B. der Indianer und Samojeden, hin. Wiederholt hebt er die

[1]) Citirt bei E. v. Homeyer, pag. 390.

[2]) l. c. pag. 1168 ff.

Feinsinnigkeit der Vögel hervor und erwähnt auch der Brieftauben, welche, wie die Beobachtungen lehren, sicherlich von den allgemeinen Contouren des Landes, über das sie fliegen, geleitet werden. Dichter Schneefall, starker Nebel, heftiger Sturm trübt ihren Ortssinn, macht die Botentauben irre und zwingt sie, Rast zu halten; bei schlechtem Wetter fliegen sie nieder, in der Nacht nur bei Mondschein, was Alles mit den Beobachtungen an Zugvögeln vielfach übereinstimmt.

Wenn man demnach begreifen kann, wie der Vogel wegen seiner Feinsinnigkeit und Empfindlichkeit für äussere Einflüsse sich zurechtfindet, so ist auch einleuchtend, dass die anhaltend und hoch fliegenden Arten aus ihrer luftigen Höhe einen sehr weiten Ueberblick der Landschaft haben und hiedurch einen hinlänglich starken Eindruck auf ihre Sinne empfangen, um — was früher besonders räthselhaft erschien — sicher ihre Luftstrasse einzuhalten. Wallace[1]) äussert sich hierüber: „Die weiten und dabei von keiner Rast unterbrochenen Flüge einiger Vögel werden häufig für unerklärlich gehalten, wie man sich auch die Thatsache nicht deuten kann, dass sie die Nistorte des vergangenen Jahres von einer Entfernung von vielen hundert oder selbst tausend Meilen her wiederfinden. Allein die Beobachtungsfähigkeiten der Thiere sind sehr grosse, und Vögel fliegen hoch in den Lüften und mögen durch die physikalischen Züge des Landes, das

[1]) l. c. I. Bd., pag. 33 und 34.

sich unter ihnen ausbreitet, geleitet werden, ein Hilfsmittel, welches für reine Landthiere nicht existirt.“ Es muss nochmals bemerkt werden, dass es sich bei der Orientirung des Zugvogels nicht blos um Gesichtseindrücke, sondern um Beeinflussung des gesammten Nervensystems durch äussere Verhältnisse handelt. Ein tiefer liegender Erklärungsgrund für das so wunderbare Aufsuchen und Auffinden des alten Nistplatzes dürfte darin zu suchen sein, dass so wie das Wandern an sich eine Lebensfrage für den Vogel ist, so auch das Auffinden des alten Nistplatzes für die betreffenden Arten eine, wie es scheint, wesentliche Existenzbedingung ausmacht. Denn würden die Vögel jedes Jahr aufs Gerathewohl hin wandern, so ist beinahe sicher anzunehmen, dass sie im nächsten Jahre keine so gut passenden Plätze zum Nisten finden würden, wodurch natürlich ihre eigene Sicherheit und das Aufkommen der Jungen wesentlich in Frage gestellt wäre.[1]) Es handelt sich hier vielleicht nicht nur um persönliche, sondern, wenn ich mich so ausdrücken darf, auch um „ererbte Erfahrung“. Beachtet man dies, so gewinnen die Kämpfe der Männchen um ein bestimmtes Brutgebiet, das Verjagen der Schwächeren bis auf eine gewisse Entfernung vom erwählten Nistorte, eine neue, interessante Bedeutung als eine besondere Form des Kampfes ums Dasein; denn auch die Behauptung eines passenden Brutplatzes ist eine wesentliche

---

[1]) Wallace, l. c. I. Bd. pag. 32.

Existenzbedingung. In ähnlichem Sinne äussert sich Eduard Suess:[1]) „Nicht nur in Bezug auf die Bedürfnisse der Ernährung, sondern auch in Bezug auf alle anderen Functionen des Daseins ist jede Lebensform an zahlreiche Bedingungen geknüpft, deren Nichterfüllung ihre Existenz ausschliesst.“

Die Forschung lehrt, dass jedes organische Wesen das Streben hat, sich gegebenen äusseren Verhältnissen anzupassen. Es scheint mir nun eine gewiss bemerkenswerthe Thatsache, dass gerade in der Classe der Vögel bei grösster Empfindlichkeit für äussere Einflüsse ein scheinbar viel geringerer Grad der Anpassung zu finden ist, was sich schon an der auffallenden Uniformität der Körperbildung innerhalb dieser Thierclasse zu erkennen gibt. Mit anderen Worten: sowohl die Species- als Gattungs- als Ordnungs-Charaktere sind bei den Vögeln viel weniger different als beispielsweise bei den Säugern. Dieser scheinbare Nachtheil im Kampfe um die Existenz wird aber in der Vogelwelt wohl sicher aufgewogen durch eine bedeutend grössere Locomotionsfähigkeit, welche es den Mitgliedern dieser Classe erlaubt, sich ungünstigen äusseren Einflüssen durch periodische Wanderungen zu entziehen. Damit scheint mir auch im Zusammenhange zu stehen, dass die besten Flieger, wie gewisse Sturmvögel, Weltbürger sind, dass Schwalben und andere gute Flieger die weitesten Wan-

---

[1]) „Das Wandern organischer Wesen.“ Ein Vortrag gehalten von Ed. Suess am 29. December 1874. Manuscript.

derungen unternehmen, und dass andererseits bei Verkümmerung des Flugvermögens eine auffallende und weitgehende Anpassung an bestimmte äussere Verhältnisse und Oertlichkeiten zu beobachten ist. Die Strausse und Pinguine sind die extremsten und schlagendsten Beispiele hiefür. Man könnte das zusammenfassen in dem Satze: Je flugfähiger eine Art, um so weniger ist sie einer bestimmten Localität angepasst. Ich glaube nun, dass in diesen Verhältnissen der Schlüssel zur Erklärung des Wanderphänomens zu finden sein dürfte und dass es ganz unnöthig ist, wie so viele Ornithologen gethan, den „Instinct“ in der Form eines unbezwinglichen, angebornen „Wandertriebes“ als letzte Ursache des Wanderns heranzuziehen.

Nahrungsmangel, Kälte und für hochnordische Arten auch Mangel an Licht zur Winterszeit sind solche schädliche äussere Einflüsse, denen sich der Vogel durch die Wanderung entzieht, sind also die Ursachen des Wanderns. In unverkennbarer Weise steht auch damit die Thatsache in Verbindung, dass die Zahl der Wandervögel eines Landes um so grösser ist, je excessiver das Klima desselben sich gestaltet. Schon Wallace[1]) ist der Ansicht, dass die überwiegend grosse Zahl von Wandervögeln im östlichen Nordamerika mit den grellen klimatischen Unterschieden der Jahreszeiten dortselbst zusammenhängt. Im Staate Massachusetts gibt es 30 Standvögel und 106 Zugvögel, in England, obwohl

---

[1]) l. c. I. Bd., pag. 29.

viel weiter gegen Norden gelegen, 140 Standvögel und 63 Wanderer; England besitzt jedoch ein sehr gemässigtes Seeklima. Auch Middendorff hebt wiederholt hervor, dass in Sibirien das Wanderphänomen viel auffallender hervortrete als in Europa, dass die Zahl der Wanderer dort relativ grösser sei, weil Arten, die in Europa Standvögel sind, in Sibirien wandern. Das excessive Klima Sibiriens mit hohen Sommertemperaturen und sehr niedrigen Wintertemperaturen, sowie die damit zusammenhängenden ungünstigeren Ernährungsverhältnisse sind ja bekannt. Gänzlich unrichtig ist jedoch die Meinung Middendorffs[1]), dass das Wandern der normale Zustand der Vogelwelt in der Vorzeit gewesen sei. Es liegen vielmehr Gründe vor, sich der Ansicht von Faber und Wallace anzuschliessen, dass der Standvogel den Urzustand repräsentire, und dass sich das Wanderphänomen aus unscheinbaren Anfängen im Laufe der Erdgeschichte allmälich zu jener Vollendung entwickelt habe, wie sie uns gegenwärtig in Erstaunen setzt; Uebung namentlich in Bezug auf den Gesichtssinn und das Ortsgedächtniss, sowie Vererbung mögen hiebei eine grosse Rolle gespielt haben. Dass jenes angenommene Ahnungsvermögen die Wanderer oftmals im Stiche lässt, dass Wandervögel sich nicht selten über die rechte Zeit der Abreise und Rückreise irren können, wie Middendorff und andere mehrfach berichten, lässt diesen Instinct, der doch dem Begriffe

[1]) l. c. IV. Bd. pag. 1243.

entsprechend als Naturtrieb unfehlbar sein müsste, mindestens verdächtig erscheinen. Noch deutlicher wird dies illustrirt durch das von Wallace[1]) geschilderte Verhalten junger Wandervögel. Die Jungen folgen, wie schon oben bemerkt, als die letzten den Nachzüglern der Alten, doch wandern sie ohne bestimmtes Ziel aufs Gerathewohl und in der Regel nicht so weit wie die Alten. In Folge dessen kommt die Mehrzahl junger Vögel schon vor dem nächsten Frühjahre um; sie gehen zu Grunde gleichsam aus Mangel an Erfahrung. Damit stimmt auch der Umstand überein, dass die Zahl der im Frühling zurückkehrenden Vögel stets so ziemlich die gleiche ist, während doch im Herbste zwei bis dreimal so viele Individuen in die Fremde zogen, und es gewinnt den Anschein, als ob überhaupt mehr junge wie alte Vögel zu Grunde gehen würden. Diejenigen aber, welche glücklich zurückkommen, haben ihre Erfahrungen gemacht und beeilen sich im nächsten Herbste mit den Alten wegzuziehen. Das sind gewiss Verhältnisse, welche der Annahme eines gebieterischen Instinctes sehr lebhaft widersprechen. Es soll jedoch hier nicht verschwiegen werden, dass E. v. Homeyer, ein sehr erfahrener Beobachter, die Ansicht ausgesprochen hat, dass gerade umgekehrt junge Vögel viel weiter ziehen als die alten Thiere derselben Art.

Wallace[2]) definirt das Wandern der Vögel als die Uebertreibung der Gewohnheit aller sich frei be-

---

1) l. c. I. Bd., pag. 33.
2) l. c. I. Bd., pag. 26.

wegenden Thiere umherzuschwärmen und Nahrung zu suchen. Die beobachteten Thatsachen widersprechen auch durchaus nicht der Annahme, dass der sogenannte Instinct des Wanderns sich zurückführen lasse auf die Gewohnheit, Nahrung aufzusuchen und, wie ich hinzusetzen will, auf das Bestreben, sich äusseren ungünstigen Einflüssen überhaupt zu entziehen. Diese Gewohnheit ist bei den Vögeln ausserordentlich übertrieben, weil sie locomotionsfähiger und auch empfindlicher sind als andere Thiere und überdies für sich und ihre Jungen sehr viel weiche Insecten als Nahrung bedürfen. Selbst in den Tropenländern beobachtet man ein periodisches Wandern der Vögel, je nach der Reife gewisser Früchte, dem Vorhandensein gewisser Insecten und je nach dem Eintritte der periodischen Ueberschwemmung gewisser Districte, durch welche Anlässe bestimmte Vögel angelockt oder auch vertrieben werden. Das Wandern wäre nach dieser Auffassung gleichbedeutend mit einer übermässigen Ausdehnung des Wohngebietes veranlasst in erster Linie durch die Nahrungssuche, wobei auch Gegenden in das Wohnbereich gelangen, welche nur zeitweise die gewünschte Nahrung bieten, daher auch zeitweise verlassen werden müssen. Eine solche allmälige Erweiterung des Wohn- und Wandergebietes hat man in Amerika[1]) beobachtet. Die mexicanische Schwalbe *(Hirundo lunifrons)* erschien als Wandervogel im Jahre 1815 am Ohio, sie dehnte seit-

---

[1]) Wallace, l. c. I. Bd., pag. 30.

dem ihren Verbreitungskreis Jahr um Jahr aus, bis sie 1845 Canada erreichte; gegenwärtig kommt sie im Sommer bis an die Ufer der Hudsonsbai. Der Reissvogel vergrössert sein Wohngebiet mit der Ausbreitung des Reiss- und Weizenbaues; den Winter verbringt er in Westindien und Mexico, im April erscheint er in den Südstaaten und im Juni trifft man ihn in Canada und weiter bis zum 54^0 n. Br. bis zum Saskatschewan. Für Europa sei nur erwähnt, dass man bei der Feld- und Haubenlerche, dem Rebhuhn und der Wachtel eine Erweiterung des Wohngebietes constatirt hat. Auch die Wachholderdrossel, der Girlitz und Gartenammer sollen sich in neuerer Zeit ausgebreitet haben, und vom Sperling ist es bekannt, dass er erst mit den Russen im Jahre 1735 im Flussgebiete des Ob unter 64^0 n. Br. eingewandert ist und sich mit ihnen allmälich über Sibirien, mit Ausnahme des Küstengebietes am ochotskischen Meere, verbreitet hat.

In diesen Fällen hat ohne Zweifel die Ausbreitung menschlicher Ansiedelungen die Wohngebietserweiterung der Thiere veranlasst. Es müssen aber auch in der Vorzeit durch tellurische Vorgänge, insbesonders durch Communications- und Klimaänderungen derartige Erweiterungen und Verschiebungen des Wandergebietes vorgekommen sein. Wir wollen nur an die letzte Eiszeit erinnern, in welcher die Vereisung Amerikas sich bis zum 40^0 n. Br. erstreckte, also bis etwa in die Gegend von New-York. Gleich den heutigen Gletschern der Schweiz dürften diese Eismassen einem Gebiete

mit üppiger Vegetation sehr nahe benachbart gewesen sein, und bis zu dieser Eisgrenze wird auch die Vogelwelt von dem Lande Besitz ergriffen haben. [1]) Als dann das Klima allmälich milder wurde und die Eisbarrière sich fast unmerklich Jahr um Jahr gegen Norden zurückzog, folgten die Vögel ihr weiter und weiter, je nachdem die Eigenthümlichkeit der Vegetation und der vorhandenen Insectennahrung mehr oder weniger ihren verschiedenartigen Constitutionen passte.

Die Anhänger des Instinctes als Haupttriebfeder bei den Wanderungen haben hingewiesen auf die Thatsache, dass viele Wandervögel uns schon im Sommer, wenn noch Nahrungsüberfluss herrscht, verlassen, und auch darauf, dass die rechtzeitige Abreise aus dem Winterquartier sich sonst auf keinerlei Weise erklären lasse. Diese Schwierigkeiten sind aber nur scheinbare. Bei der überaus grossen Feinsinnigkeit und dem hochentwickelten Erinnerungsvermögen der Vögel könnte man wohl sagen, die Wanderer haben die Jahreszeitenuhr im Kopfe, vielleicht hilft ererbte Gewohnheit dabei mit. Aber die schon im August merklich länger und gegen Ende des Monates auch kühler werdenden Nächte, andere meteorologische Phänomene, sowie die Veränderungen in der Insectenwelt sind Umstände, die vom Vogel sicher nicht unbemerkt bleiben und zur Abreise mahnen; das spätere Abreisen der minder erfahrenen Jungen bestätigt dies nur.

---

[1]) Wallace, l. c. I. Bd., pag. 32.

Man darf ferner nicht vergessen, dass der Aufenthalt unserer Zugvögel in den Gleicherländern in die kühlere Zeit dortselbst, in die Regenzeit fällt. Nach den Schilderungen von Brehm und anderen sachkundigen Reisenden kann die Regenzeit Innerafrikas hinsichtlich ihrer Einwirkung auf das Pflanzen- und Thierleben nur mit dem Frühling unserer Breiten in eine Parallele gebracht werden. Unsere Wanderer treffen also im Süden die frühlingsartigen Lebensverhältnisse wieder, die ihnen so sehr zusagen. Doch die steigende Sonne bringt merkliche Veränderungen in der Physiognomie der tropischen und subtropischen Gebiete hervor. Die überschnelle Entwicklung der Pflanzen- und Insectenwelt muss auch dort rasch einen Mangel passender weicher Nahrung veranlassen; die Sommerhitze erzeugt eine verderbliche Dürre; Pflanzen und Thiere verfallen zeitweise in Sommerschlaf, aber der leichtbeschwingte, feinsinnige Zugvogel entflieht nach Norden bevor diese geänderten Verhältnisse ihm verderblich werden können; er zieht dem Frühling nach!

Ein Gürtel von Wüsten oder im Hochsommer wüstenartig werdenden Ländern bezeichnet die Grenze der Tropen und der nördlich gemässigten Zone in Afrika und dem westlichen Asien. „Im Winter und im ersten Frühjahre“ — sagt Wallace[1]) — „grünt die nördliche Grenze dieses Gürtels, aber bald verbrennt sie und viele der sie bewohnenden Vögel wandern nothgedrungen in die fruchtbaren Gegenden nach Nor-

---

[1]) l. c. I. Bd. pag. 26.

den. Auf diese Weise folgen sie dem Frühling oder dem Sommer, wie er von Süden nach dem Pole fortschreitet, und nähren sich von den jungen Blumenknospen, von der Menge saftiger Larven und von den reifenden Früchten; sobald diese selten werden, richten sie ihre Schritte nach der Heimat zurück, um dort den Winter zu verbringen. Andere, deren Heimat den Polen näher liegt, werden von der Kälte, vom Hunger und von der Dunkelheit in gastlichere Klimate gegen Süden getrieben und kehren beim Beginne des Sommers nach dem Norden zurück."

Aus dem Angeführten scheint hervorzugehen, dass die Wanderungen der Vögel nicht auf einem angebornen Naturtriebe beruhen, sondern als eine besondere Form der Anpassung an allmälich entstandene physische Verhältnisse aufzufassen sind. Wir werden deshalb die Entwicklung des Wanderphänomens in frühere geologische Epochen, die Vorzeit, zurückverlegen müssen. Auch der merkwürdige Umstand, dass die Mehrzahl der Zugvögel eine der drei oben erwähnten Wanderbrücken über das Mittelmeer einhält, scheint darauf hinzuweisen, dass die Wanderungen schon erfolgten, als noch zwischen Europa und Afrika eine breite ununterbrochene Landverbindung existirte, und wir dürfen wohl die Mehrzahl unserer echten Zugvögel als Reste jener lusitanischen Fauna betrachten, welche nach Beendigung der Eiszeit von Westen her in Süd- und Westeuropa eingewandert ist. Es ist demnach etwas engherzig, die Heimat eines Zugvogels

nur auf sein Brutgebiet zu beschränken. Es entstammt diese Ansicht wohl einer rein anthropomorphen Auffassung des Heimatsbegriffes. Wir müssen vielmehr zugestehen, dass die Heimat eines Wandervogels in den meisten Fällen mit dem thiergeographischen Verbreitungsbezirke der Art zusammenfällt und alle jene Gegenden umfasst, welche von dem Vogel zeitweise aber regelmässig besucht werden. „Die Zugvögel gehören gleichsam zwei Bevölkerungen an.“ [1])

Eine eingehendere Behandlung der Wanderungen der Vögel erschien mir nothwendig, um sowohl die zahlreichen Thatsachen, als auch die neueren Ansichten über das Wandern wenigstens in allgemeinen Umrissen darlegen zu können.

Wenn wir von den Wanderungen der nordischen Fledermaus (*Meteorus Nilsonii* Bl.), welche schon im Vorjahre an dieser Stelle besprochen wurden, [2]) absehen, so lassen sich in der Classe der Säugethiere nur die Wanderungen des Ren in mancher Hinsicht den Vogelwanderungen gegenüberstellen. Man unterscheidet in Sibirien zwischen dem kleineren, schwächeren und lichter gefärbten Tundra-Ren, welches das nördliche Sibirien bewohnt, und dem grösseren, stärkeren und etwas dunkler gefärbten Berg-Ren, welches in den Bergwäldern des südlichen Sibirien umherstreift und beispielsweise im

---

[1]) Ed. Suess, l. c.

[2]) „Lebensgewohnheiten der Flatterthiere.“ Ein Vortrag, gehalten in dem Vereine zur Verbreitung naturw. Kenntnisse am 4. März 1885 von Dr. Franz Noë.

Stanowojgebirge nicht selten ist.[1]) Die Berg-Rens wandern im Frühjahr an den Bergen aufwärts bis an die Gletscher und Schneefelder; die Winterszeit bringen sie im Thale zu. Das Tundra-Ren wandert mit Beginn des kurzen, aber heissen sibirischen Sommers nordwärts an die Meeresküste und über die Eisbrücken des arktischen Oceans weiter, oft bis auf ziemlich entfernte Inseln. Die Schneestürme der hereinbrechenden langen Winternacht treiben die Thiere im Monate October wieder nach Süden, um an der Waldgrenze nothdürftigen Schutz und kärgliche Nahrung zu suchen. Die Heimat des Tundra-Renthiers ist im Sommer ein grosser Morast, da der Eisboden die Hochwässer der Flüsse im Frühling nicht einsickern lässt. Diese meilenweiten Sümpfe und Moräste sind die Brutstätte von Milliarden Stechmücken, welche Menschen und Thiere peinigen; zu ihnen gesellen sich zwei Arten von Dasselfliegen, die in Scharen umherschwärmen und deren Larven in der Haut und in den Nasenhöhlen der Renthiere leben. Um diesen furchtbaren Plagegeistern zu entgehen, wandern die Rens in die Nähe des Meeres, wo der frische Seewind die Fliegen und Mücken zurücktreibt. Pallas und v. Wrangel haben zuerst über die grossen Renthierwanderungen berichtet und Middendorff hat diese Beobachtungen in neuerer Zeit bestätigt. Es vereinigen sich Hunderte und Tausende von Thieren, die Wanderungen erfolgen mit grosser Regelmässigkeit im Früh-

---

[1]) Middendorff, l. c. II. Bd., 2. Theil.

ling und Herbst und erstrecken sich oft über 100 geographische Meilen. Es werden hiebei immer bestimmte Zugstrassen und Zugpässe eingehalten, was den Bewohnern jener Gegenden sehr gut bekannt ist, da ihnen die Jagd auf die durchziehenden Rens den Haupterwerb liefert. Bei dem amerikanischen Renthier wurden ganz gleiche Beobachtungen gemacht, im nördlichen Europa jedoch sind solche grosse Wanderungen des Rens unbekannt.

Einen von den Vogelwanderungen gänzlich abweichenden Charakter haben die regelmässigen Wanderungen der Fische. Bekannte Beispiele solcher Zugfische sind der Häring, die Störe, die Lachse und die Aale. Wenn schon der Vogel sich im Reiche der Lüfte unserer Beobachtung leicht entzieht, so sind Beobachtungen über Lebensverhältnisse und zumal über Wanderungen der Fische noch viel schwieriger. Man ist in den meisten Fällen über die Aussagen der Fischer noch nicht hinausgekommen und hat genauere Berichte nur über jene Arten, welche weit genug in die Flüsse hinaufsteigen, um an zahlreichen Punkten beobachtet werden zu können. Es ist festgestellt, dass die Wanderbewegungen der Fische nicht aus klimatischen Ursachen oder durch Ernährungsverhältnisse erklärt werden können, sondern dass es einzig die Sorge um das Auffinden passender Laichplätze, also Sorge um die Nachkommenschaft ist, was die Fische zu ihren merkwürdigen Zügen veranlasst. In den meisten Fällen lässt sich für diese Wanderungen kein bestimmter Zusammen-

hang mit den Jahreszeiten auffinden, sondern die Zugzeit umfasst einen grossen Theil des Jahres und das Wandern beginnt mit dem Heranreifen der Geschlechtsproducte.

Manche Fische steigen zur Laichzeit aus der Tiefe des Oceans aufwärts in die wärmeren Wasserschichten nahe der Oberfläche und besuchen auch das seichte Wasser der Küsten. Als Beispiel dieser Art uneigentlicher Zugfische sei der Häring erwähnt, dessen Wanderung und Fang ja hinlänglich bekannt sind. Neueren Beobachtungen von Bloch und K. Vogt zufolge wandert der Häring keineswegs aus dem Eismeer in den nördlichen atlantischen Ocean, sondern er steigt aus der Tiefe des letzteren auf und drängt sich in den Wintermonaten als seiner Hauptlaichzeit in Milliarden an den Küsten des nordwestlichen Europa und des östlichen Amerika zusammen. Das Erscheinen der Häringe unterliegt grossen Zeitschwankungen und es ist auch in verschiedenen Jahren seine Zahl auf den bekannten Laichplätzen sehr ungleich. Manche Küstenstellen meidet er gänzlich, an anderen erscheint er massenhaft durch eine Reihe von Jahren, um plötzlich auszubleiben. Die Ursachen dieser Erscheinungen sind nicht bekannt.

Eine andere Gruppe von Fischen begibt sich zur Laichzeit aus dem Meere in die Flüsse und steigt in diesen nicht selten bis in die Quellbäche hinauf. Diese Arten verdienen schon besser den Namen von Wanderthieren. Am genauesten bekannt sind die Wanderungen der Lachse. Der Lachs *(Salmo salar)* bewohnt

das nördliche Eismeer ostwärts bis zum Ural, den nördlichen atlantischen Ocean mit der Nord- und Ostsee, und reichte südwärts bis in den biscayischen Golf. Er liebt die Tiefe des Meeres und steigt, sobald sein Laich zu reifen beginnt, in jene Flüsse Europas und Grönlands, welche in die genannten Meere münden, um in dem Oberlaufe dieser Gewässer und ihrer Zuflüsse seine Eier abzusetzen. So gelangen die Lachse bis in die Gebirgsbäche der Schweizer Alpen, bis in die Fulda und Werra, in die Moldau u. a. m. Es ist bekannt, dass die Wanderer hiebei Stromschnellen und Wehren mit ebenso grosser Kraft als Geschicklichkeit überspringen und auf ihrem Zuge eine bestimmte Ordnung ähnlich der Keilform mancher Zugvögel einhalten. Die Hauptzugzeit des Lachses fällt in die Monate März, April, Mai. Interessant ist die Beobachtung, dass die alten Lachse während ihres mehrere Monate umfassenden Aufenthaltes im süssen Wasser keinerlei Nahrung zu sich nehmen. Durch die Hochwässer des nächsten Frühjahres werden sodann die gänzlich entkräfteten Thiere wieder stromabwärts dem Meere zugeschwemmt, das aber nur von einer kleinen Anzahl lebend wieder erreicht wird. Es verdient auch bemerkt zu werden, dass sich die jungen Lachse, nachdem sie in das Meer gezogen sind, nie weit von der Mündung jenes Flusses entfernen, dem sie entstammen, und dass sie, erwachsen, auch wieder in demselben Flusse aufsteigen.

Von hohem Interesse sind die Beobachtungen, Middendorffs über die zahlreichen Lachsarten,

welche als Wanderer regelmässig die sibirischen Flüsse besuchen. Das Aufwärtsziehen der Lachse erfolgt in Sibirien im allgemeinen erst nachdem die Eisdecke der Flüsse abgegangen ist, also im Frühsommer, gewisse Individuen dieser Zugfische bleiben jedoch beständig in den Flüssen und unterscheiden sich von ihren wandernden Artgenossen durch bestimmte körperliche Merkmale sehr auffällig. Besonders merkwürdig sind die Beobachtungen über das massenhafte Wandern des Keta-Lachses *(Salmo lagocephalus)*, welcher, in dem seichten, kalten Gebirgswasser geboren, im jugendlichsten Zustande in das Meer hinabgeschwemmt wird, dort durch Jahre seinen Aufenthalt nimmt, bis er geschlechtsreif geworden plötzlich von der Wanderlust erfasst wird und in Scharen von Millionen unaufhaltsam seiner Geburtsstätte zustrebt, um dort im seichtesten Wasser zu laichen und sodann, von dem sommerlichen Austrocknen der Quellbäche überrascht, massenhaft zu Grunde zu gehen, so dass von der unendlichen Menge kaum einige das Meer wieder erreichen. Wir citiren wörtlich den überaus anschaulichen Bericht: [1]) „Unaufhaltsam drängend stürmt der Keta-Lachs, zu Millionen vereint, flussaufwärts, die Gebirgsströme hinan. Es kocht im Wasser, das Fischgeschmack annimmt, die Ruder versagen, Fische emporschnellend, und wenn der Kahn ein flacheres Ufer entlang geht, so werden die äussersten Reihen auf das Trockene hinausgedrängt,

---

[1]) Middendorff, l. c. IV. Bd., pag. 1131—1132.

wo sie elend verkommen. Doch der Hauptzug stürmt immer vorwärts, arbeitet sich gegen den reissenden Strom, gegen Stromschnellen in das Gebirge empor, immer bergaufwärts, bis ihm das Wasser versagt. Schon ragen die Rückenflossen, ja die Rücken selbst aus dem Elemente hervor; Menschen, nicht mehr mit Netzen oder Harpunen, nein einfach mit Stöcken bewaffnet, Bären, Hunde, Vögel metzeln ohne Erbarmen die Reihen nieder — doch die Uebriggebliebenen lassen nicht ab von ihrem Beginnen: wo es an Wasser gebricht, da werfen sie sich auf ihre flache Seite, bald rechts, bald links hinüber. Der Fisch verliert seinen Glanz, er dunkelt, wird grünlichgrau, die Schuppen der Bauchseite reiben sich ab, blutrünstig erscheinen die Flossen, erscheint zuletzt die ganze untere Hälfte des Körpers, dunkelpurpur, ja blauroth, ja endlich schwarzblau, zackig die Längenseiten hinansteigend, widrig anzusehen gleich den halbbrandigen, scorbutischen Wundstellen misshandelter Körper warmblütiger Thiere, roh, wie mit wildem Fleisch überwuchert — doch der Lachs strebt immer noch aufwärts, bis ihm die letzten Kräfte versagen, bis im Spätsommer an vielen Stellen das letzte Wasser der Gebirgsbäche sich zwischen die Geröllager verzogen hat und nun die Luft von den Leichnamen der faulenden Fische verpestet wird.“ — „Erschöpft, abgemattet und abgemagert, schwammig von Fleisch, unkenntlich entstellt, blauroth, mit hakig gekrümmter Schnauze, klaffendem Maule, mächtigen, Wolfshauern ähnlich herangewachsenen Zähnen, ja wie

gesagt sogar buckelig geworden, lassen sich die wenigen am Leben gebliebenen Wüstlinge von den Herbstwassern ins Meer zurückschwemmen, wo wahrscheinlich auch die letzten ihres Gelichters, abgelebt wie sie sind, draufgehen mögen.“ Middendorff nennt diese auch von Przewalsky beobachtete Erscheinung das „Todtwandern“. Nach seiner Ansicht wird sie hervorgerufen durch eine bis zum Wahnwitz gesteigerte Wandersucht. Wir sehen wohl besser an diesem Beispiele eine Wirkung des alle Thiere beherrschenden übermächtigen Fortpflanzungstriebes. Nur eine solche Auffassung erklärt das sonst schwer verständliche Betragen dieses Lachses, sein Drängen und Eilen, sein rücksichtsloses Vorwärtsstreben, welches, nothwendig für die Erhaltung der Art, bis zur Selbstvernichtung des Individuums führt.

Zu den Fischen der dritten Gruppe, welche aus den Flüssen in das Meer ziehen, um dort zu laichen, gehört der Aal *(Anguilla vulgaris)*. Die Lebensgeschichte dieses Thieres ist noch so wenig bekannt, dass wir uns auch hinsichtlich seiner Wanderungen auf wenige Bemerkungen beschränken wollen. Die Wanderungen der Aale finden in den Monaten October bis December statt; über die Art des Laichens ist man völlig in Unkenntniss, ebensowenig ist bekannt, ob die alten Fische sodann im Meere bleiben und da absterben, oder ob sie wieder in das süsse Wasser zurückkehren. Die jungen, kaum fingerlangen Aale sind dagegen schon mehrfach während des Aufwärtsziehens in den Flüssen beob-

achtet worden. Sie wandern im Frühling in dicht gedrängten Zügen und überwinden dabei gleich den Lachsen selbst grössere Hindernisse.

Neben diesen periodischen Wanderungen der Zugvögel, der Renthiere und gewisser Fische tritt uns das Wanderphänomen in den verschiedensten Thierclassen als unregelmässig vorkommendes, durch verschiedene besondere Umstände jeweilig veranlasstes Ereigniss entgegen. Wenige Bemerkungen, die sich auf die unregelmässigen Wanderungen der Vögel und Säugethiere beziehen, mögen hier noch Raum finden.

Es ist allen Ornithologen wohlbekannt, dass mitunter Vogelarten in Districten beobachtet werden, deren Fauna sie gänzlich fremd sind. Das Erscheinen und Fortziehen dieser Vögel ist ganz unregelmässig. Man hat solche theils einzeln, theils in Scharen auftretende Fremdlinge als „Irrgäste“ bezeichnet und war der Ansicht, dass diese Thiere durch heftige Stürme von ihrer wahren Zugstrasse verschlagen worden seien. Diese Erklärung mag auch mitunter zutreffen. Wallace [1]) berichtet, dass die längs der Ostküste Nordamerikas zahlreich wandernden Vögel sehr häufig von Stürmen überrascht werden, die, gegen die See wehend, oft viele Individuen bis auf die Bermudas-Inseln verschlagen. Man hat 69 Arten amerikanischer Vögel gelegentlich in Europa beobachtet, die meisten auf Helgoland und in England. Fast alle dieser Beobachtungen wurden

[1]) l. c. I. Bd.

im Herbste gemacht, in welcher Jahreszeit heftige Stürme aus Westen auf dem atlantischen Ocean sehr häufig sind.

Man braucht jedoch nicht Stürme zu Hilfe zu nehmen, um namentlich das Erscheinen ganzer Scharen von Fremdlingen zu erklären. Wenn in einem Districte eine sehr starke Vermehrung bestimmter Vogelarten stattfindet und hiedurch Futtermangel entsteht, so werden die Thiere ihr Wohngebiet naturgemäss zu erweitern streben, um passende Nahrung zu erhalten, und können dabei auch in sonst nie besuchte Gegenden gelangen, Erscheinungen, die auch bei den Insecten vielfach beobachtet werden. Die Leinfinken, der Seidenschwanz, die Schnee-Eulen, sind für unsere Gegenden derartige unregelmässige Wanderer, welche zur Winterszeit oft nach langen Zwischenräumen in einem Gebiete erscheinen, in welchem sie sonst nur äusserst selten oder gar nicht beobachtet werden. Häufig werden zufällige, unregelmässige Vogelwanderungen durch die Wanderungen anderer Thiere veranlasst. So ziehen Möven und Scharben den Häringen nach, manche Drosseln den Heuschrecken. Verschiedene kleinere Raubvögel folgen den wandernden Singvögeln bis Afrika, um leichte Beute zu machen, und mit den Singvögeln und Wachteln sammeln sich auch derartige Räuber während der Zugzeit in bedeutender Zahl an den Ufern des Mittelmeeres. Homeyer[1]) hat die An-

[1]) l. c.

sicht ausgesprochen, dass viele der sogenannten Irrgäste überhaupt nicht als verirrt, sondern als regelmässige Wanderer zu betrachten seien, die nur wegen ihrer Seltenheit oder vermöge anderer Umstände sich der Beobachtung leichter entziehen. Auch durch die oben besprochenen unregelmässigen Raststationen erklärt sich das seltene Erscheinen eines Vogels in gewissen Gegenden.

Unter den Säugethieren geniessen die Lemminge *(Myodus lemnus* und *M. torquatus)* eine gewisse Berühmtheit ob ihrer unregelmässigen Wanderungen. Die älteren Beobachtungen über das massenhafte Wandern dieser Nager wurden später sehr in Zweifel gezogen. Die Berichte von Ehrström und die Beobachtungen Middendorffs in Lappland und Sibirien im Jahre 1840 und den folgenden Jahren bestätigen jedoch die alten Angaben in ihrem vollen Umfange. Middendorff[1]) traf die Lemminge in Lappland zwischen der Stadt Kola und dem Weissen Meere in ungeheurer Zahl zur Herbstzeit aus den Bergen zur Meeresküste wandernd, wobei die Züge nach allen Himmelsrichtungen erfolgten. Im sibirischen Taimyrlande erfolgte die Herbstwanderung ziemlich genau von Nord gegen Süd. Die wandernden Lemminge bildeten geschlossene Reihen mit einer Spanne Abstand, dabei hatte der Zug eine sehr grosse Breite und musste hunderttausende von Individuen umfasst haben. Ungeheuere Massen dieser Thiere gehen bei

[1]) l. c. IV. Bd., pag. 1136.

dem Uebersetzen der grossen Flüsse zu Grunde, Raubthiere mästen sich an der bequemen Beute. Die Ursache solcher herbstlicher Massenauswanderungen ist wie in der Vogelwelt die gelegentliche übermässige Vermehrung und der hiedurch eintretende Nahrungsmangel. Ob in allen Fällen ein Zurückwandern der Thiere im Frühjahre erfolgt, ist nicht sichergestellt, es dürfte jedoch sehr häufig das Zurückwandern der wenigen Ueberlebenden übersehen worden sein.

Es wurde schon oben die interessante Thatsache erwähnt, dass viele Arten, die in Europa Standthiere sind, in Sibirien häufig grössere oder kleinere Wanderungen unternehmen. Solche sibirische Gelegenheitswanderer sind die Wasserratten, Siebenschläfer, Eichhörnchen und Hasen, denen Wölfe, Füchse, Eisfüchse und Vielfrasse nachfolgen. Auch Asiens grösstes Raubthier, der Tiger, schweift aus seiner indischen Heimat bis in die Bergwälder des südlichen Sibiriens, wird in China wie in Hochasien nicht selten angetroffen und bekundet dadurch eine merkwürdige Anpassung an sehr verschiedenartige äussere Verhältnisse.

Trefflich charakterisirt Eduard Suess [1]) unsere Kenntnisse von den Lebensverhältnissen organischer Wesen mit den Worten: „Allenthalben ist das Dasein an die Vergangenheit geknüpft, wenn auch nur einzelne Klammern deutlicher hervortreten und auch diese in der Regel unbeachtet bleiben.“ Gewiss! Nur

[1]) l. c.

das Aufsuchen jener Klammern, welche das Jetzt mit dem Einst verbinden, wird uns der Lösung vieler Probleme näher bringen. Noch ist manches dunkel auf dem Gebiete der Thierwanderungen und scheinbar widersprechende Thatsachen liegen vor, aber gerade dieser Widerspruch im Einzelnen bei einer unverkennbaren Gesetzmässigkeit, welche das Ganze beherrscht, lässt uns einsehen, dass es sich bei den Wanderungen der Thiere nicht um den Ausfluss eines unabänderlichen, stets gleichmässig wirkenden, angebornen Triebes, sondern um eine Reihe von Erscheinungen handelt, welche im innigsten Zusammenhange stehen mit den allgemein giltigen Entwicklungsgesetzen der organischen Welt.

Ueber die

Einrichtungen der Blüthen

und ihre Ursachen.

Von

PROF. D[R.] FRANZ RITTER VON HÖHNEL.

Vortrag, gehalten den 2. December 1885.

(Mit 8 Abbildungen.)

Betrachtet man eine höhere Pflanze, z. B. einen Baum oder eine grössere Wiesenpflanze, so findet man ohne Weiteres, dass man an ihr drei deutlich von einander verschiedene Organe oder Theile unterscheiden kann, nämlich die Wurzel, den Stengel und die Blätter. Man wird ferner alsbald entdecken, dass fast jede grössere Pflanze diese drei Theile in auffallender Weise zeigt, und mithin das Vorkommen derselben eine Art von morphologischem oder Form-Gesetz der Pflanzenwelt ist. Verfolgt man nun einen Zweig von seiner Basis zur Spitze, so bemerkt man leicht, dass nach oben hin seine Blätter erst etwas grösser werden und schliesslich wieder kleiner, so dass sich im Allgemeinen die grössten Blätter im mittleren Theile desselben befinden, während die Spitze von einer aus ganz kleinen Blättern zusammengesetzten Knospe gebildet wird. Aber nicht alle Zweige der Pflanze endigen mit einer derartigen Laubknospe, viele zeigen statt einer solchen ein ganz anderes Organ, das entweder als Blüthe oder als Blüthenstand bekannt ist.

Die Blüthen und Blüthenstände sind in der Regel so verschieden von den übrigen Gebilden der Stengel gebaut, dass man versucht sein könnte, sie als etwas

ganz Eigenes zu halten. Und in der That ist es bei manchen derselben schwierig, die bereits genannten Grundorgane oder Glieder der Pflanzen in ihnen zu entdecken. Wenn man indessen eine einfacher gebaute Blüthe, z. B. die einer Ranunkel oder eines Kirschbaumes, näher betrachtet, so wird es einem alsbald wahrscheinlich, dass jede Blüthe nichts anderes als ein Zweig ist, dessen Blätter etwas anders geformt und gefärbt und dicht zusammengestellt sind. So sieht man z. B. bei einer Ranunkelblüthe aussen drei bis fünf grüne eiförmige Blättchen, die sich von den Laubblättern so wenig unterscheiden, dass man über ihre Blattnatur oder Blattqualität nicht im Zweifel sein kann. Hierauf folgen meist fünf gelbgefärbte Blätter, welche, im Gegensatze zu den darunter befindlichen Kelchblättern, Kronenblätter genannt werden, und welche sich auch sofort als Blätter zu erkennen geben. Nun folgen aber andere zahlreiche Gebilde von fadenförmiger Gestalt, welche an der Spitze ein gelbliches Kölbchen tragen und die als Staubgefässe oder Staubfäden bezeichnet werden. Diese Staubfäden haben schon eine nur mehr geringe Aehnlichkeit mit Blättern. Wenn man sich aber daran erinnert, dass es auch nadel- oder fadenförmige Blätter an Zweigen gibt, wie z. B. bei unseren Nadelhölzern, beim Tannenwedel *(Hippuris vulgaris)* und anderen, so wird man auch keine besondere Schwierigkeit darin finden, die Staubfäden als Blätter (Staubblätter) zu betrachten. Die Mitte jeder vollkommenen Blüthe wird nun von

einem Gebilde eingenommen, dessen Blattnatur schwieriger zu erkennen ist. Bei nicht wenigen Pflanzen tritt sie jedoch auch ganz deutlich hervor. So z. B. bei der Schwertlilie, wo innerhalb des Staubgefässkreises, der aus drei Gliedern besteht, noch drei blattförmige Organe stehen. Man nennt diesen vierten Kreis von Organen den Fruchtknoten, weil er sich häufig als rundliches oder längliches Gebilde zeigt, aus dem stets die Frucht entsteht. Die Frucht, welche als das letzte Stadium der Entwicklung des Fruchtknotens zu betrachten ist, zeigt nicht selten in der deutlichsten Weise die Zusammensetzung des letzteren aus Blättern, namentlich dann, wenn sie eine aufspringende Kapsel ist. Wenn z. B. die schotenförmige Kapsel des Rapses *(Brassica Napus)* bei der Reife in zwei blattähnliche Hälften zerfällt, so können wir schliessen, dass der Fruchtknoten (aus welchem ja die Schote entstand) ursprünglich aus zwei Blättern zusammengesetzt war, was auch thatsächlich der Fall ist. Wenn andererseits die hülsenartigen Kapseln der Erbsen bei der Reife auf einer Seite aufspringen und so schliesslich ein Blatt bilden, so ist der Schluss naheliegend, dass der Fruchtknoten der Erbsenpflanze aus einem Blatte entstand. Beweisender noch, als das Verhalten der aufspringenden Früchte, ist aber jenes der gefüllten Blüthen. Betrachtet man z. B. eine ganz gefüllte Kirschenblüthe, so sieht man fünf grüne Kelchblätter, zahlreiche, in vielen Kreisen stehende weisse Blumenblätter, und in der Mitte ein einziges kleines, grünes

Blättchen, das der Länge nach zusammengelegt ist und ganz so aussieht wie ein gewöhnliches Kirschenblatt, von dem es wesentlich nur durch die viel geringere Grösse verschieden ist. Der Schluss, dass sich das Fruchtblatt statt zu einem Fruchtknoten zu einem Laubblatt umgewandelt habe, ist naheliegend, und ebenso ist anzunehmen, dass sich die Staubgefässe in der gefüllten Kirschenblüthe in Blumenblätter umgewandelt oder metamorphosirt haben. Die Ranunkelblüthe zeigt zahlreiche Staubblätter und viele spiralig angeordnete kleine Fruchtknoten; dem entsprechend sind in der gefüllten Ranunkelblüthe zahlreiche den Staub- und Fruchtblättern entsprechende kleine Blumenblätter vorhanden. Diese klaren Fälle waren es, welche schon vor mehr als hundert Jahren Kaspar Friedrich Wolff, und später Goethe, zu ihren Lehren von der Metamorphose der Pflanzen veranlassten, die noch heute, freilich mannigfaltig verändert und erweitert, sowie auf viel tieferen anatomischen und entwicklungsgeschichtlichen, wie auch phylogenetischen Grundlagen aufgebaut, zu Rechte bestehen. Und so weiss man heute, dass jede Blüthe ein metamorphosirter Zweig mit Blättern ist.

Warum wurden aber die Zweige metamorphosirt? und wie ist diese Umwandlung zu Stande gekommen? welchen Zweck verfolgt die Natur mit ihr? Diese Fragen sind es nun, welche sofort auftauchen und deren kurze Beantwortung den Gegenstand des heutigen Vortrages bilden soll.

Es ist eine allgemein bekannte Thatsache, dass aus den Blüthen Früchte werden, dass letztere Samen enthalten, die ein kleines Pflänzchen einschliessen, aus welchem sich unter den geeigneten Verhältnissen ein neues Individuum derselben Art entwickelt. Die Blüthen dienen also zur Fortpflanzung der Art. So leicht dies nun zu constatiren ist und so lange es daher schon bekannt ist, so geheimnissvoll und dunkel blieb bis vor wenigen Jahren alles Nähere des Vorganges. Den grossen Fortschritten der Botanik, von der leider viele, selbst höchst gebildete Menschen eine ganz unrichtige, ja längst veraltete und strenge genommen gar nie gerechtfertigt gewesene Ansicht haben, ist es in den letzten Jahrzehnten gelungen, über die wunderbaren Geheimnisse der Blumen, deren edelste Form, die Rose, nicht mit Unrecht als das Symbol des Geheimnisses und der Verschwiegenheit gilt, die eingehendsten und vollständigsten Aufschlüsse zu geben.

In der That, welche Fülle von Geschehnissen der wunderbarsten Art stehen nicht zwischen einer reifenden Blüthenknospe und der fallenden Frucht! Es bedurfte der ausdauerndsten Beobachtungen und schwierigsten mikroskopischen Untersuchungen einer grossen Reihe von Männern, ehe mit der Schärfe und Klarheit der ganze Vorgang erkannt werden konnte, mit welcher wir ihn heute kennen.

Gehen wir nun zur Untersuchung der Blüthen über und vergleichen wir zunächst viele möglichst verschiedene mit einander, so erkennen wir vor Allem,

dass die meisten derselben die vier oben genannten Hauptttheile: Kelch, Blumenkrone, Staubgefässe und Fruchtknoten, besitzen. Dass Kelch und Blumenkrone keine absolut nothwendigen Bestandtheile der Blüthen sind, geht schon aus ihrer einfach blattähnlichen Beschaffenheit hervor, und aus dem Umstande, dass sie in der Regel keine besonderen Organe besitzen. In der That gibt es Blüthen, die beider entbehren, wie z. B. bei der Weide, Pappel, ferner andere, die nur einen Kelch besitzen, wie die Wiesenraute *(Thalictrum)*, oder nur eine Krone, wie der Seidelbast. In letzterem Falle sagt man, die Blüthenhülle sei ein Perigon. Die wesentlichen Organe der Blüthen sind die Staubgefässe und der Stempel oder Fruchtknoten *(Pistill)*. Nichts destoweniger findet man Blüthen, welche nur Staubgefässe enthalten (man nennt sie Staubblüthen), und andere, die Fruchtblüthen genannt, nur einen Fruchtknoten enthalten. Da nun, wie wir noch sehen werden, zur Entstehung einer Frucht beide Organe: Staubgefässe und Stempel, nöthig sind, so ist klar, dass jede Pflanze, welche Stempelblüthen trägt, auch Staubblüthen haben muss, oder wenn dies nicht der Fall ist, so müssen doch Individuen derselben Art Stempelblüthen besitzen. Wenn, wie bei der Weide und Pappel, Staub- und Stempelblüthen auf verschiedenen Individuen vertheilt sind, so sagt man die Pflanze sei zweihäusig; wenn die beiden Blüthenarten, wie beim Nussbaum, der Eiche, Birke, Haselnuss und anderen, nebeneinander auf derselben Pflanze vorkommen, so heisst die

Pflanze einhäusig; besitzt hingegen eine Pflanze nur vollkommene Blüthen, so heisst sie zwitterig. Ganz abgesehen davon, dass die Blüthenhüllen die inneren Organe während ihrer Jugend, wo sie sehr zart sind, schützen, ist es klar, dass sie auch späterhin die wesentlichen Organe, namentlich aber die Staubgefässe, deren Product, Pollen genannt, sehr leicht durch Benetzung mit Wasser leidet, schützen. Dem entsprechend ist namentlich die Blumenkrone auch gebaut. So bildet sie beim Salbei und Eisenhut einen Helm, der die Staubfäden ganz einschliesst, und die Lage der von den Blumen gebildeten Glocken beim Mai- und Schneeglöckchen, sowie beim Alpenglöckchen *(Soldanella)* und der gemeinen Glockenblume *(Campanula)*, zeigt ohne weiteres die Krone als Schirmdach der inneren Organe gegen Regen und Unwetter. Es wird daher bei den genannten Blumen auch fast nie der Pollen durch Regen zerstört, während bei unseren Obstbäumen, beim Getreide, bei den Pappeln und Weiden und anderen Bäumen, die weniger vortheilhaft gebaute Blüthen besitzen, oft der grösste Theil der Blüthen infolge von andauerndem Regen keine Früchte ansetzen. Diesem entsprechend ist auch die Zahl der Blüthen bei den genannten Pflanzen eine oft enorm grosse, damit doch wenigstens ein Theil zur Fruchtbildung gelangt.

Den Blüthenhüllen kommen aber auch noch andere wichtige Functionen zu, deren Betrachtung später folgen wird.

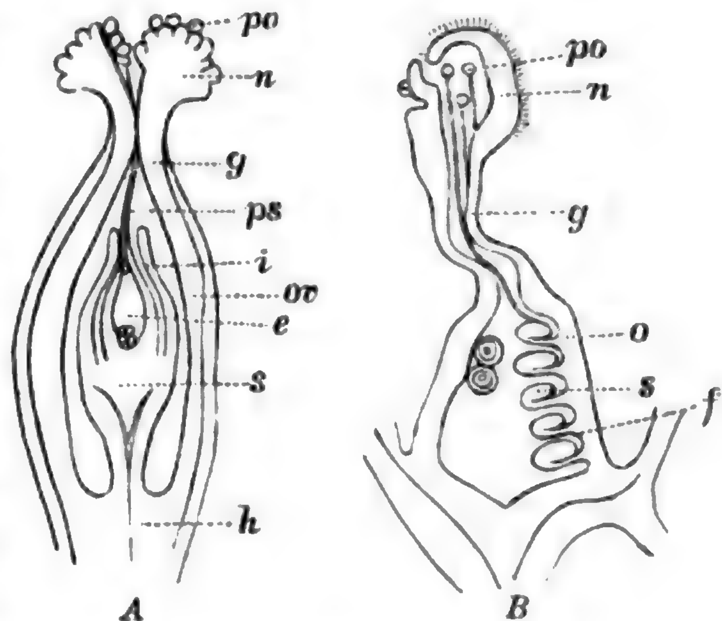
Zunächst wollen wir uns die Einrichtung der Staubgefässe und des Fruchtknotens etwas näher ansehen.

Jedes Staubgefäss besteht aus zwei Theilen, dem Staubfaden und dem Staubkölbchen, welches letztere aus zwei seitlich miteinander verbundenen länglichen Säckchen, Staubbeutel genannt, bestehen, die an der Spitze des Staubfadens stehen. Jeder Staubbeutel enthält zwei längliche Höhlungen, die sich schliesslich, sei es durch einen Spalt oder durch ein Loch an der Spitze, oder durch Klappen, öffnen. Zur Zeit der Reife sind nun die Höhlungen ganz mit rundlichen, sehr kleinen Körnern (0·03—0·14 Millimeter dick) erfüllt, welche Pollen oder Blüthenstaub genannt werden. Jedes Pollenkorn besteht nun aus einer bis wenigen Zellen. Die Pollenkörner sind entweder glatt und so leicht von einander zu trennen, dass sie schon durch einen leichten Stoss aus dem Staubbeutel in Form einer kleinen Wolke herausgeschleudert werden können, oder aber sie kleben durch feine Oeltröpfchen, die an ihrer Oberfläche haften, mehr weniger zusammen. Schüttelt man einen blühenden Zweig der Pappel, Eiche oder Haselnuss, so erscheint er momentan von einer Pollenstaubwolke eingehüllt, während z. B. ein blühender Apfel- oder ein Rosskastanienbaum auch durch den heftigsten Windstoss zu einer solchen Pollenentleerung nicht veranlasst werden kann.

Noch auffallender ist das Zusammenhaften der Pollenkörner bei unseren Orchideen oder Knaben-

kräutern, wo sie zu Päckchen verwachsen sind, die selbst wieder durch elastische Fäden mit einander verbunden sind, so dass es nicht gelingt ein Päckchen Pollen zu entfernen, ohne den gesammten Inhalt eines Pollensäckchens mitzunehmen.

Fig. 1.



A Längsschnitt durch den Fruchtknoten des Buchweizens *(Polygonum Fagopyrum)*; *B* ebensolcher von dem Stiefmütterchen *(Viola tricolor)*; *po* Pollen, *n* Narbe, *g* Griffel, *ps* Pollenschlauch, *i* Integumente, *o o* Ovarium, *e* Embryosack, *s* Samenknospe, *f* Funikulus, *h* Basis des Fruchtknotens.

Betrachtet man nun das zweite wesentliche Organ der Blüthen: den Stempel (Fruchtknoten, Pistill), so sieht man, dass derselbe in der Regel aus drei Theilen besteht. Der unterste, mehr oder weniger angeschwollene und gewöhnlich hohle Theil (der eigentliche Fruchtknoten), setzt sich nach oben in einen häufig faden- oder stielförmigen Theil, der einen feinen Kanal enthält, fort, und welcher Griffel genannt wird. Der Griffel, welcher, wie z. B. beim Mohn, vollständig fehlen kann, endigt nach oben mit der meist zwei- bis mehrlappigen Narbe, welche keinem Stempel fehlt. Der Fruchtknoten entsteht durch Verwachsung von sogenannten Carpellen oder Fruchtblättern. Die Zahl der Carpelle, welche einen Frucht-

knoten zusammensetzen, wechselt von Einem (Erbse, Mandel) bis zu vielen (Seerose, Mohn). Nicht selten enthält eine Blüthe zwei bis viele einzelne kleine Fruchtknoten, von welchen dann jeder seine eigene Narbe besitzt.

In der Fruchtknotenhöhlung sind nun in einfacher bis vielfacher Anzahl kleine, eiförmige Körperchen eingeschlossen, welche, obwohl es keine eigentlichen Knospen sind, Samenknospen genannt werden, da aus ihnen schliesslich die Samen entstehen, welche den Keim enthalten, der nichts anderes ist als eine kleine unentwickelte Pflanze, an welcher man aber meist ganz gut Wurzel, Stengel und Blätter unterscheiden kann.

Die Samenknospen sind mit Hilfe eines Stieles (Faden oder Funikulus genannt) an irgend einer Stelle im Innern des Fruchtknotens befestigt. Sie bestehen aus einem Kerne (Nucellus, Knospenkern), der von einer oder zwei Hüllen oder Integumenten so umgeben ist, dass seine Spitze frei bleibt, so dass man, ohne ein Gewebe zu zerstören, aus der Höhlung des Fruchtknotens zu den Knospenkernen gelangen kann. Sehen wir uns nun den Knospenkern etwas näher an, so finden wir in seinem Inneren, nahe der freien Spitze desselben, eine grosse, meist ovale Zelle, Embryosack genannt, in welcher sechs kleinere Zellen eingeschlossen sind, von denen je drei sich an den entgegengesetzten Polen derselben befinden. Von den drei Zellen, die sich an jenem Pole des Embryosackes befinden, wel-

cher der freien Spitze des Knospenkernes näher liegt, ist nun eine jene Zelle, aus welcher der Keim entsteht; denn jede Pflanze entsteht aus einer einzigen, ausserordentlich kleinen eiförmigen Zelle, welche Eizelle oder das Ei genannt wird.

Es ist nun Thatsache, dass aus dem im Embryosacke befindlichen Ei nur dann eine Pflanze entsteht, wenn auf die Narbe wenigstens ein Pollenkorn fällt. Fällt infolge irgend welcher Umstände auf die Narbe kein Pollenkorn, so verblüht die Blüthe ohne Samen zu entwickeln.

Die Narbe, welche für jede Pflanze eine charakteristische Gestalt besitzt, ist von zahlreichen kurzen Härchen oder Papillen rauh, und ausserdem sondert sie eine klebrige Flüssigkeit aus, so dass Pollenkörner, die mit ihr in Berührung kommen, sofort haften bleiben.

Was geschieht nun mit dem Pollenkorn auf der Narbe? Es verhält sich so wie eine selbstständige Pflanze, von allerdings nur kurzem Dasein; es wächst, indem es einen langen zarten Schlauch treibt, der sich in dem Griffelcanal hinabsenkt und so schliesslich mit einem Samenknospenkern in Berührung kommt. Das Ende des Pollenschlauches verwächst mit der Spitze des Embryosackes, und sobald dies geschehen ist, beginnt sich das Ei weiter zu entwickeln, indem zunächst aus demselben ein rundlicher Gewebskörper entsteht, der schliesslich zum Keime im ruhenden Samen wird.

Nachdem also aus der Eizelle nur dann der Keim entsteht, wenn der Pollen auf die Narbe gelangt, so

müssen Einrichtungen in der Blüthe getroffen sein, welche die Uebertragung des Pollens ermöglichen.

Die Beobachtungen zeigten aber

1. dass Fruchtknoten, welche mit dem eigenen Pollen versehen (bestäubt) werden, viel weniger Samen hervorbringen, als mit Pollen von anderen Exemplaren derselben Art,

2. dass diese Samen bei Selbstbestäubung auch kleiner und leichter sind, und diesem entsprechend sind, und

3. auch die so gewonnenen Pflanzen kleiner, schwächlicher und unfruchtbarer, als jene durch Fremdbestäubung gewonnenen.

Es ist also nicht blos die Bestäubung der Blüthe überhaupt absolut nothwendig zur Samenerzeugung, sondern offenbar die Fremdbestäubung vortheilhaft, so zwar, dass von zwei Individuen derselben Art, jenes, bei welchem ganz oder vorzugsweise Selbstbestäubung zur Anwendung kam, dem anderen mit Fremdbestäubung im Nachtheile ist und schliesslich im Kampfe um's Dasein, den die Pflanzen gerade so kämpfen wie die Thiere, seine Nachkommen zu Grunde gehen müssen.

Wir werden daher in der Natur nicht nur Bestäubungseinrichtungen überhaupt, sondern vorzugsweise Fremdbestäubungseinrichtungen finden.

Die Mittel, durch welche die Natur ihre diesbezüglichen Zwecke erreicht, sind ausserordentlich mannigfaltig. Vor Allem gibt es eine grosse Anzahl von Pflanzen, welche einen wirklich stäubenden Pollen

besitzen, einen Pollen, der zur Zeit der Reife der Staubkölbchen oder Antheren schon durch einen leichten Windstoss in Form einer kleinen Wolke ausfällt. Der betreffende Pollen ist daher ungemein kleinkörnig und leicht, manchmal, und zwar bei der Kiefer, sogar mit einem eigenen Flugapparate, bestehend aus zwei seitlich angehefteten lufterfüllten Blasen, versehen. Man nennt jene Pflanzen, bei welchen die Dislocation des Pollens durch den Wind erfolgt, windblüthige. Sie blühen meist im Frühjahre, wo bekanntlich häufige Winde wehen, und sie erzeugen ungeheure Mengen von Pollen, von welchen nur ein geringer Bruchtheil wirklich auf Narben gelangt. Auch alle anderen Einrichtungen der Blüthen sind so beschaffen, dass ihre Anpassung an Windverstäubung und Kreuzung durch die Wirkung des Windes ganz klar erscheint. So sind die Blüthen häufig ein- oder zweihäusig, wobei in letzterem Falle Kreuzung unvermeidlich ist. Ferner ist der Pollen an seiner Oberfläche trocken und sind die ganzen Blüthen, oder die Blüthenstände (die häufig, z. B. bei der Pappel, Haselnuss, Eiche, sogenannte „Kätzchen“ bilden), oder doch die Staubgefässe (wie bei den Gräsern) sehr beweglich, so dass die Entleerung beim geringsten Windstosse erfolgt. Damit die Narbe womöglich ein Korn erhaschen könne, ist sie möglichst breit oder mit besonders langen Haaren (Fanghaaren) versehen. Das erstere ist sehr auffallend beim Nussbaum, das letztere bei den Gräsern der Fall. Offenbar ist es für die Windblüthler vortheilhaft, wenn Narben

und Staubgefässe möglichst offen und frei liegen. Es werden daher freilich auch viele Blüthen durch Regen, Schnee und Hagel zerstört, weil Pollen und Narbe gegen Benetzung sehr empfindlich sind. Um dem abzuhelfen, sind möglichst viele Blüthen vorhanden, damit, wenn noch so viele der Zerstörung anheimfallen, ihrer noch genug übrig bleiben. Keine Pflanze, welche nur wenige Blüthen besitzt, ist an die Vermittlung des Windes angepasst. Da durch die Laubblätter die Anwehung des Pollens leicht verhindert oder doch erschwert wird, so blühen viele Windblüthler schon vor dem Laubausbruche, oder doch gleichzeitig mit diesem. So die Eiche, Haselnuss, Pappel und andere.

Ist bei einer Anemophilen oder windblüthigen Pflanze die Blüthe zwitterig oder einhäusig, so zeigt sich eine andere merkwürdige Einrichtung zur Verhinderung der Selbstbestäubung. Es blühen nämlich Narbe und Staubgefässe einfach zu ungleicher Zeit auf. Wenn z. B. beim Igelkolben *(Sparganium)* die Narben schon längst offen und reif sind, erscheinen die darüber stehenden Staubblüthen derselben Pflanze noch ganz geschlossen. Es müssen daher die ersteren von anderen Exemplaren her bestäubt werden. Sind endlich auch die Staubgefässe reif, so sind die Narben schon längst mit fremdem Pollen belegt.

Man nennt Pflanzen, deren Staubgefässe oder Staubblüthen vor den Fruchtblüthen oder Narben reifen, protandrisch, während, wenn wie bei den apfelblüthigen Gewächsen, beim Igelkolben, beim Osterluzei

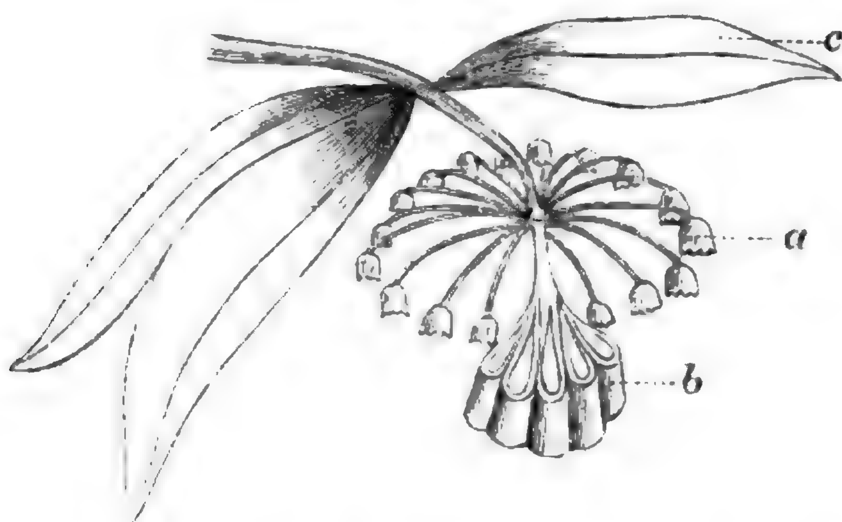
und andern, zuerst die Narben aufblühen, die Pflanzen oder deren Blüthen protogynisch genannt werden. Die Mehrzahl der windblüthigen Pflanzen sind nun in höchst wirksamer Weise protogynisch.

Viel complicirter und merkwürdiger sind jene Blüthen gebaut, welche durch Thiere, namentlich Insecten oder Vögel, bestäubt werden. In Mitteleuropa gibt es zwar nach den bisherigen Beobachtungen keine Blüthen, welche der Vermittlung der Vögel bedürfen, umso häufiger sind jene jedoch in den heissen Gegenden. Die Kolibris und Honigvögel, von welchen die ersteren in der neuen, die letzteren in der alten Welt leben, spielen bei vielen, besonders bei grossblumigen Pflanzen, eine hervorragende Rolle. Beide leben vom Honig der Blüthen und von kleinen Insecten, wie sie so häufig im Grunde der Blüthen anzutreffen sind. Beide haben lange Zungen, die an der Spitze häufig gespalten oder pinselig behaart sind, und mit welcher sie eben so Honig naschen, wie die Schwärmer unter den Schmetterlingen, denen sie auch im Fluge höchst ähnlich sehen. Betrachte man zum Beispiel die auf nachstehender Seite beigegebene Zeichnung (Fig. 2) von einem Blüthenzweige der *Marcgravia nepenthoides* in Nicaragua.

Man sieht, dass die kleinen unscheinbaren Blüthen, die auch keinen Honig besitzen, in einem Kreise stehen und dabei wie vom Rande eines Schirmes herabhängen. Der Stiel des Schirmes wird nun von der Verlängerung der Blüthenachse nach unten gebildet und trägt am unteren Ende, in geeigneter Entfernung

von den Blüthen, eine Anzahl von Honigschälchen, so zwar, dass, wenn ein Kolibri die Lockspeise erreichen will, er mit dem oberen Theil des Kopfes die Blüthen unwillkürlich streift, auf diese Weise Pollen entführt, der bei der nächsten Blüthendolde den Narben zu Gute kommt. Es ist also die Einrichtung so getroffen, dass

Fig. 2.



Marcgravia nepenthoides, ein Vogelblüthler aus Nicaragua.
a eine der schirmförmig angeordneten Blüthen, *b* aus mehreren Abtheilungen bestehendes gemeinschaftliches Nectarium des Blüthenstandes, *c* Laubblätter.

der saugende Vogel, ohne es zu wollen oder zu wissen, die Kreuzung bewirkt.

Man sieht, dass dazu eine Lockspeise nöthig ist. Ebenso ist es nun bei den insectenblüthigen Pflanzen der Fall. Die Blüthe muss den kreuzenden Insecten etwas bieten, damit diese kommen. Schon der in der Regel den Insecten wohlschmeckende Pollen ist eine Lockspeise. Dass sich die Bienen und die Hummeln zum Theile von Pollen nähren, ist allbekannt. Weniger

bekannt ist es, dass der grösste Theil des Bienenwachses vom Pollen, und zwar von seiner äussersten Schichte (der Cuticula), herrührt. Auch die Käfer fressen den Pollen. Jene Blüthen, welche den Insecten Pollennahrung bieten, die also einen wohlschmeckenden Pollen besitzen, erzeugen viel grössere Mengen davon, als zum Zwecke der Bestäubung nothwendig wäre, was ganz wohl verständlich erscheint.

Manche Blüthen erzeugen eigene wohlschmeckende Auswüchse auf den Blumenblättern, welche den Insecten dargeboten werden. Andere liefern ihnen Harze als Klebstoffe zum Nestbaue u. s. w.

In der Regel jedoch ist es eine zuckerhaltige, Nectar genannte Flüssigkeit, welche von den Blüthen an irgend einer Stelle ausgeschieden und von den Kerfen gesaugt wird, ein Beweis, dass der Wohlgeschmack des Süssen durch das ganze Thierreich verbreitet ist. Bald ist es eine kleine Grube an den Blumenblättern, welche als Nectarium Honig ausscheidet (Lilie), bald dient zu gleichem Zwecke eine dicke Scheibe auf oder unter dem Fruchtknoten (Petersilie, resp. Schuppenwurz), bald eine spornartige Verlängerung der Blumenkrone (Veilchen, Knabenkraut, Rittersporn, Akelei). Kurz, fast jede beliebige Stelle in der Blüthe kann im einzelnen Falle als Nectarium dienen.

Häufig liegt nun der Honig so versteckt in der Blüthe, dass ihn die Insecten gar nicht finden könnten, wenn sie nicht durch den ganzen Bau der Blüthen dazu geleitet würden. Zu dem Ende sind die meisten

Blüthen so gebaut, dass das Insect gezwungen ist sich in einer bestimmten Stellung auf die Blüthe zu setzen. So setzen sich die Insecten gewöhnlich auf die Unterlippe der Lippenblüthen. Bei der Rosskastanie ist das Insect gezwungen, sich auf die weit vorstehenden Staubgefässe zu setzen und so in allen Fällen eine solche Lage einzunehmen, welche für das Honigsaugen, sowie für die Kreuzungsvermittlung am günstigsten ist. Jede Blüthe besitzt daher eine Anflugstelle für die Insecten, welche mehr oder weniger deutlich entwickelt ist.

Die Richtung, nach welcher hin die Nectarmasse zu suchen ist, ist gleichfalls auf der Blüthe vorgezeichnet durch Wegmarken gleichsam, welche Saftmale genannt werden. Es sind helle oder dunkle Flecke oder Striche, welche so angeordnet sind, dass ihr Zweck, das Insect zum Honig hinzuleiten, unverkennbar ist. Ausgezeichnete Saftmale haben z. B. das Veilchen, der Ziest, die Knabenkräuter etc.

Die Insecten wollen aber auch schon von der Ferne angelockt sein, was durch möglichst grosse und auffallende Blumenblätter, sowie durch den Geruch, der namentlich in der Dämmerung und Nachts sehr wirksam ist, geschieht. In der That gibt es eine ganze Reihe von Pflanzen mit bei Tage wenig auffallenden Blüthen (Geissblatt, Nachtviole, Silene nutans), welche tagsüber nur wenig von Insecten besucht werden und fast geruchlos sind, des Abends und Nachts aber von Schwärmern und Nachtfaltern wegen ihres nun intensiven, meist hyacinthenartigen Geruches besucht werden.

Die Insecten haben nicht nur einen sehr feinen Geruch, so dass sie einzelne Blüthen weithin riechen, sondern auch einen ausgeprägten Farbensinn. Man sieht nicht selten kleine Fliegen sich am Farbenspiele in der Sonne glänzender Blüthen erfreuen.

Wenn der Blüthenstaub an den Insecten haften soll, so muss er rauh und etwas klebrig sein, und müssen auch die Insecten dazu angepasst sein, also etwa ein entsprechendes Haarkleid besitzen. Alle diese Eigenschaften sind an Blüthen und Insecten wohl entwickelt. Die Klebrigkeit wird meist durch kleine gelbliche Oeltröpfchen bewirkt, die auch verhindern, dass der Blüthenstaub durch Wind und Wetter aus dem Staubgefässe entführt wird.

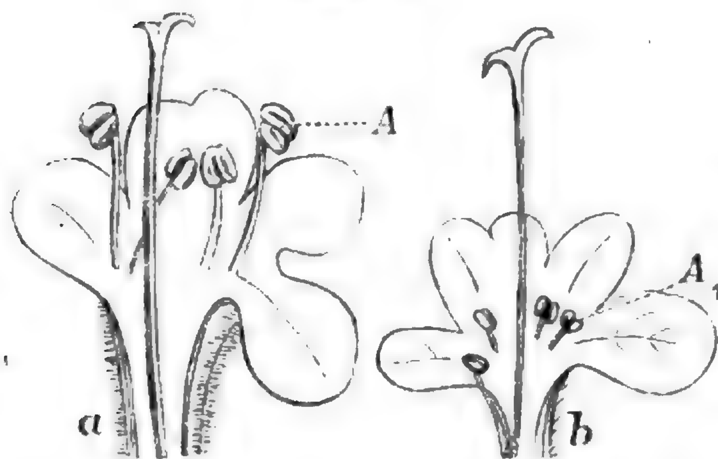
Man sieht also, dass wenigstens in den exquisiten Fällen, von welchen einige später an der Hand von Abbildungen zur näheren Darstellung kommen sollen, die ganze Blüthe in allen ihren Theilen so eingerichtet ist, wie es nothwendig ist, damit eine möglichst sichere Fremdbestäubung durch Insecten eintreten könne. Die Insecten werden durch Farben, wohlriechende Stoffe und Honig zu den Blüthen gelockt und dann durch Anflugstellen und Saftmale so geführt, dass sie nothwendigerweise, aber unbewusst, das Fremdbestäubungsgeschäft vollführen.

Zu diesen Verhältnissen, welche in unmittelbarem Zusammenhange mit der Insectenvermittlung stehen, kommen aber noch einige andere, die überhaupt im

Dienste der Kreuzbestäubung stehen und zum Theile nur bei insectenblüthigen Pflanzen entwickelt sind.

So sind viele derartige Blüthen entweder ganz zweihäusig oder doch dem Wesen nach. Ganz zweihäusig ist die von Schwärmern besuchte Lichtnelke *(Lychnis dioica)*, bei welcher die einen Exemplare nur Staubblüthen und die anderen nur Fruchtblüthen besitzen, wodurch die Kreuzung zur absoluten Nothwendigkeit wird. Der Thymian hingegen ist, wie man sagt, gynodiöcisch. (Fig. 3.) Wenn man nämlich eine Anzahl von Thymianstöcken untersucht, so findet man, dass etwa die Hälfte dieser Stöcke gewöhnliche zwitterige Blüthen besitzt mit wohlentwickelten Staubgefässen und Narben, während bei den übrigen die Staubgefässe verkümmert sind und keinen Pollen führen. Es ist daher klar, dass wenigstens bei den letzteren Stöcken eine Fremdbestäubung nothwendig und unvermeidlich ist. Ebenso verhalten sich zahlreiche Lippenblüthler.

Fig. 3.

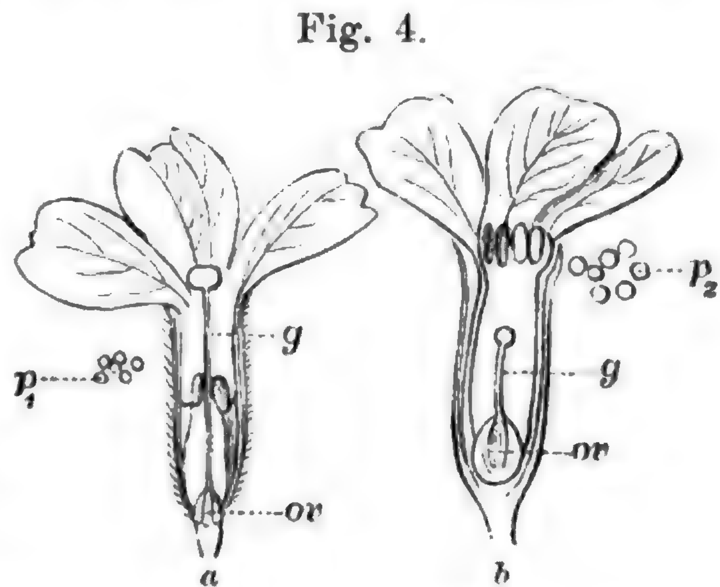


Gemeiner Thymian *(Thymus vulgaris)*.
Gynodiöcische Pflanze. *a* zwitterige Blüthe, *b* weibliche Blüthe, *A* volle, A_1 verkümmerte Staubgefässe.

Das ungleichzeitige Aufblühen von Narbe und Staubgefässen in derselben Blüthe oder auf derselben

Pflanze ist ebenfalls eine Erscheinung, die bei den insectenblüthigen Pflanzen sehr verbreitet ist und der Fremdbestäubung Vorschub leistet. So ist die Kornblume anfänglich nur mit reifem Pollen versehen und erst später, wenn der Pollen zum grössten Theile durch die Insecten entführt ist, blühen die Narben auf. Die Kesselfallenblume *(Osterluzei, Aristolochia Clematitis)* blüht zuerst mit den Narben und dann erst mit den Staubgefässen auf, verhält sich also umgekehrt wie die Kornblume, die zugleich den gewöhnlich vorkommenden Fall repräsentirt.

Fig. 4.



Stengellose Himmelsschlüssel *(Primula acaulis)*.

Zwei Blüthen längs durchschnitten; *a* lang-, *b* kurzgriffelige Form, *g* Griffel, *oo* Fruchtknoten, p_1 Pollenkörner der Form *a*, p_2 Pollen der Form *b*.

Auch die sogenannte „Ungleichgriffligkeit“ stellt eine eigenthümliche Art von Zweihäusigkeit dar. (Fig. 4.) Sie besteht darin, dass verschiedene Exemplare derselben Art verschieden lange Griffeln und Staubgefässe besitzen, mit welchem Formunterschiede aber auch physiologische Eigenheiten Hand in Hand gehen. Betrachtet man z. B. eine gewöhnliche, stengellose Himmelsschlüssel *(Primula acaulis)*, so findet man bei allen Blumen desselben Exemplares den

gleichen Blüthenbau; vergleicht man aber verschiedene Individuen mit einander, so bemerkt man alsbald, dass bei der Himmelsschlüssel zweierlei Arten Blumen vorkommen. Manche haben einen langen Griffel, so dass die rundliche langhaarige Narbe von oben gesehen sofort sichtbar wird, während die fünf kurzen Staubgefässe tief in der Röhre angebracht sind, bei anderen sind aber die fünf Staubgefässe so angebracht, dass sie aus der Kronenröhre ragen, während die Narbe tief in der Röhre versteckt ist. Zugleich zeigt sich, dass die langfädigen Staubgefässe einen sehr grosskörnigen Pollen und die kurzfädigen einen kleinkörnigen besitzen.

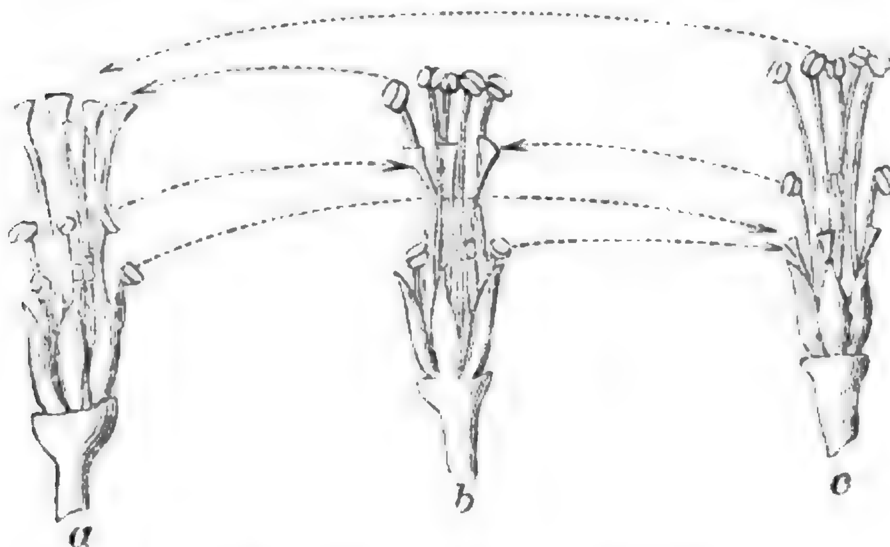
Ganz ähnlich verhalten sich nun auch die meisten anderen Primeln, das Lungenkraut, die Ochsenzunge und andere.

Wenn man nun die Narben einer langgriffeligen Primel mit Pollen belegt, so erhält man, wie namentlich Darwin gezeigt hat, nur dann Samen von der Pflanze, wenn der angewendete Pollen von einem langen Staubgefässe herrührt, während umgekehrt eine kurzgriffelige Primel nur auf einem ebenfalls von einem kurzen Staubgefässe herrührenden Pollen Samen erzeugt. Es sind daher die Pollen der eigenen Blüthen bei diesen verschiedengriffeligen Pflanzen ganz wirkungslos und letztere daher ganz auf Fremdbestäubung angewiesen.

Es gibt auch Pflanzen, wo nicht blos zweierlei, sondern dreierlei zwitterige Blüthen auf verschiedenen

Exemplaren vertheilt vorkommen. (Fig. 5.) Hieher gehört z. B. der in sumpfigen Gegenden häufige Weiderich *(Lythrum Salicaria)*. Die Blüthen dieser Pflanzen besitzen zwölf Staubgefässe, von welchen sechs kürzer und sechs länger sind; ausserdem ist ein einfacher Griffel vorhanden, der bei verschiedenen Exemplaren drei verschiedene Längen aufweist, so dass es kurz-, mittel- und langgriffelige Weiderich-Exemplare gibt. Die

Fig. 5.



Sauerkleeart *(Oxalis speciosa)*.

Dreigestaltige Blüthe, von den Hüllblättern befreit; *a b c* lang-, respective mittel- und kurzgriffelige Form. Die Pfeile zeigen an, welcher Pollen auf den verschiedenen Narben am günstigsten wirkt.

kurzgriffeligen haben Staubgefässe, die zum Theil etwa zwei, zum Theil drei Mal so lang sind als der Griffel, so dass also in jeder Blüthe drei Organlängen vorkommen, welche von den Staubgefässen und Stempeln (Griffeln) repräsentirt werden. Dabei sind nur lange Staubgefässe auf langen Stempeln, mittlere auf ebensolchen mittleren Stempeln und kurze auf kurzen von

ausgiebigster Wirksamkeit, während jede andere versuchte Kreuzung ein minderwerthiges Resultat ergibt; ein Verhalten, das offenbar auch nur im Dienste der Fremdbestäubung steht.

Bevor wir nun zur Besprechung von einigen Specialfällen übergehen, sei noch auf den Umstand hingewiesen, dass auch in jenen Fällen, wo die Fremdbestäubung z. B. infolge von Insectenmangel ausbleibt, häufig Einrichtungen getroffen sind, die den Erfolg einer schliesslichen Samengewinnung haben.

Diese bestehen theils in dem Auftreten von sogenannten geschlossenblüthigen Blüthen (cleistogame Blüthen), theils indem in der anscheinend schon verblühten Blume doch noch eine nachträgliche Bestäubung infolge z. B. von Wachsthumsbewegungen von Griffel oder Narbe (wie bei den Glockenblumen) eintritt.

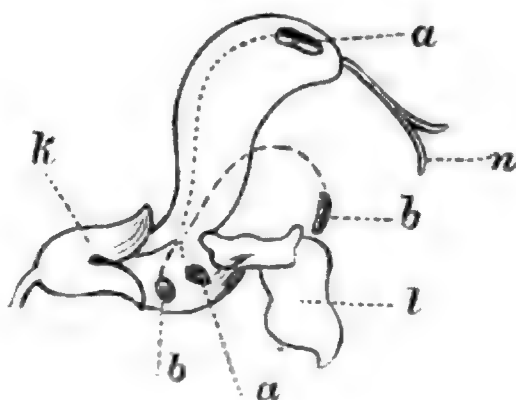
Cleistogame Blüthen finden sich neben offenen bei vielen Pflanzen. So bei den Veilchen, beim Sauerklee, beim Bienensaug und anderen. Wenn z. B. beim Sauerklee *(Oxalis Acetosella)* die offenen Blüthen halbreif sind, so findet man ganz kleine geschlossen bleibende Blüthen, welche sich versteckt nahe dem Boden zeigen. Oft zeigt sich, dass bei diesen Blüthen der Pollen, der zudem äusserst spärlich entwickelt ist, die Staubbeutel gar nicht verlässt und daher von letzteren aus direct in die Narbe die Pollenschläuche treibt.

Indem wir nun zur Besprechung von einzelnen besonders lehrreichen Beispielen von Insectenbestäu-

bung übergehen, beginnen wir mit dem gewöhnlichen Wiesensalbei *(Salvia pratensis).* (Fig. 6.)

Die Blüthentraube dieser gemeinen Wiesenpflanze fällt durch ihre dunkelblaue Färbung, welche ebenso wie der Geruch der ganzen Pflanze als Lockmittel dient für die Insecten, auf. Betrachtet man eine Blüthe näher, so sieht man, dass sie einen Kelch, der zweilippig, fünfzähnig und kurzglockig ist, ferner eine zweilippige Krone, an deren Rand man fünf Lappen unterscheiden kann, von welchen drei auf die Unterlippe fallen, besitzt. Die grosse, auffallende Unterlippe, die in ihrer ganzen Breite vor dem auf die Blüthe zufliegenden Insecte daliegt, dient Letzterem (in der Regel eine Biene oder ein Hummel) als Sitzplatz, Anflugstelle. Im Grunde der Blumenkronenröhre sitzt der aus vier rundlichen Theilen bestehende Fruchtknoten, aus dessen Mitte sich der lange dünne Griffel erhebt, welcher, der Rückenfurche der seitlich zusammengepressten Oberlippe folgend, noch weit über diese herausragt und mit spitzen Narben endigt. Höchst eigenthümlich sind die Staubgefässe gebaut. Während fast sämmtliche anderen Labiaten oder Lippenblüthler vier Staubgefässe besitzen,

Fig. 6.



Wiesensalbei *(Salvia pratensis).*

K Kelch, *l* Unterlippe der Blumenkrone, *n* Narben, *a a* Staubgefässe in der Lage vor und nach einem Insectenbesuch, *b b* dasselbe während demselben.

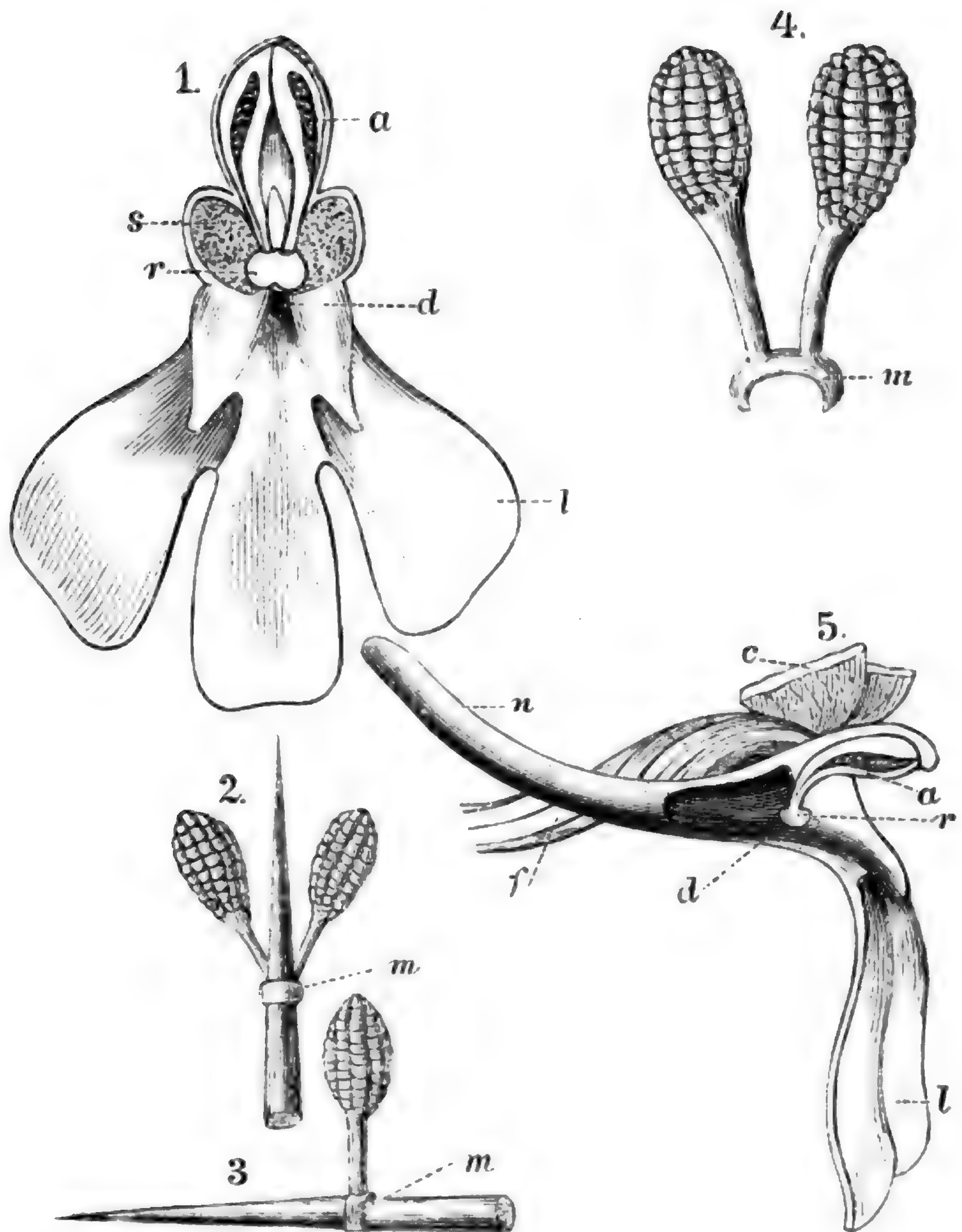
zeigt der Salbei deren nur zwei, sowie auch der Rosmarin und Lycopus. Der Staubfaden, welcher der Blumenkronröhre eingefügt ist, ist ganz kurz; auf demselben ist ein ungleicharmiger, halbkreisförmig gebogener Querbalken leicht beweglich befestigt (der dem Connective der gewöhnlichen Staubgefässe entspricht) und an dem oberen, in der kapuzenförmigen Oberlippe der Blumenkrone verborgenen Ende einen zweifächerigen Staubbeutel trägt (der also für gewöhnlich unsichtbar ist), während das untere Ende, welches mit seinem Nachbar verwachsen ist, in Form einer Platte den Eingang in die Blumenkronenröhre verschliesst. Sobald nun das Insect durch das rothe Saftmal in die Nähe des Honigs geführt wird, der sich im Grunde der Röhre befindet, und dann durch den Geruch des Nectars zur Einführung des Rüssels in die Röhre veranlasst wird, stösst es an jene Connectivplatte, welche den kürzeren Hebelarm der Staubgefässe darstellt. Die Platte wird nun hinabgedrückt, es schnellt indessen der längere Hebelarm hervor und berührt die Biene oder Hummel währenddem sie nun saugt am Rücken, wo sie stark behaart ist. Nun zieht sich das Insect zurück, in Folge dessen die Staubgefässe wieder in ihre alte Lage zurückschnellen und das Spiel mit einem anderen honigsaugenden Thiere vom Neuen beginnen kann. Kommt nun ein solches, das schon bei einer anderen Salbeipflanze war, senkrecht auf die Unterlippe dahergeflogen, so streift es den bestäubten Rücken an der weit vorstehenden Narbe ab, diese mit fremdem Pollen belegend,

um sich dann unmittelbar darauf, Honig saugend, mit neuem Pollen am Rücken, allerdings unwissentlich oder doch nicht absichtlich, zu versehen.

Es ist klar und geht sowohl aus der Beschreibung wie aus der beistehenden Abbildung hervor, dass beim Salbei Selbstbestäubung ausgeschlossen ist; denn der etwas klebrig zusammenhaltende Pollen kann aus seinem Verstecke in der Oberlippe nicht heraus und daher nicht zu der weit vorstehenden Narbe. Ferner erscheint es vortheilhaft, dass der Pollen in der Oberlippe auch gegen Regen und Wind gut geschützt ist. Die Oberlippe ist seitlich stark zusammengepresst, da sie auch gegen die auffallende Unterlippe zurücktreten soll. Der Kelch dient der in der Jugend in ihm eingeschlossenen Blume zum Schutze, stützt und festigt die Blumenkronenröhre, namentlich während der Belastung durch ein Insect, zur Zeit der Blüthe, und schliesst sich endlich nach der Blüthe, die sich entwickelnde Frucht bedeckend. Auch der Honig wird durch den Kelch während der Blüthezeit versteckt und so vor Raub von der Seite aus — also vor unberufenen Gästen — bewahrt. So ist die ganze Einrichtung der Salbeiblüthe, so weit sie menschlicherseits zu beurtheilen ist, äusserst vortheilhaft ausgebildet und kann es nur eine Deutung derselben geben.

Gehen wir nun zur Besprechung eines anderen Falles über. Ganz eigenthümlich und bemerkenswerth verhalten sich unsere Orchideen oder Knabenkräuter. Sehr genau studirt sind die diesbezüglichen Verhält-

Fig. 7.



Pyramidenförmiges Knabenkraut *(Orchis pyramidalis).*

1. Blüthe, deren fünf obere Blumenblätter abgeschnitten sind, von vorne gesehen; *5.* dasselbe von der Seite, und der Länge nach geöffnet; *2. 3. 4.* der Polleninhalt frei und auf einer Nadel befestigt; *a* Anthere, *s* Narbe, *d* Eingang in den Sporn *n*, *r* rostellum, in dem die Klebscheibe *m* enthalten ist, *f* Fruchtknoten, *l* Unterlippe.

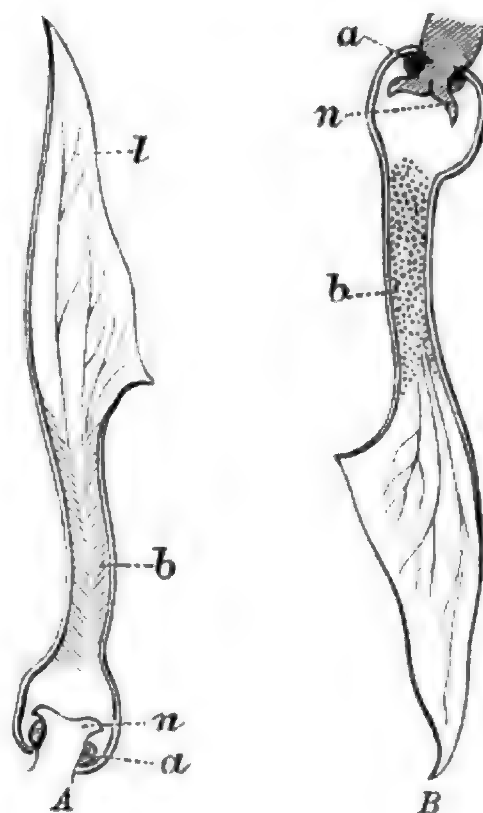
nisse bei *Orchis pyramidalis*, dem sogenannten pyramidenförmigen Knabenkraute, einer nicht seltenen Wiesenpflanze. In der nebenstehenden Abbildung sind nach Darwin die wesentlichen Bestandtheile der Blüthe von *Orchis pyramidalis* gezeichnet. Von den sechs Blumenblättern sind alle (Fig. 5 bei *c*) weggeschnitten, mit Ausnahme der Unterlippe *l*, welche als Anflugstelle fungirt. Kriecht das Insect auf der Lippe vorwärts, so gelangt es zum Punkte *d*, wo sich der Eingang in den sogenannten Sporn der Unterlippe befindet, der eine röhrenförmige, an der Spitze geschlossene, mit Nectar gefüllte Verlängerung der Unterlippe darstellt. Der Fruchtknoten (Fig. 5, *f*) ist, wie man aus der Zeichnung ersieht, unterständig und seilförmig gedreht. Staubgefässe, Griffel und Narbe sind mit einander zu einem Ganzen, Griffelsäule genannt, verbunden und verwachsen. Aus der Zeichnung ist die gegenseitige Lage der Theile zu erkennen. Wie die meisten Orchideen zeigt auch unsere Art nur ein Staubgefäss, dessen beide Staubbeutelhälften von einander getrennt sind, und die mit der Narbe *s* verwachsen sind. Die Pollenkörner sind nicht frei, sondern zu kleinen Päckchen (Massulae genannt) verwachsen, die ihrerseits wieder durch eine klebrige (viscinartige) Substanz zusammenhängen, so dass man z. B. mit einer Nadel die ganze Pollenmasse auf einmal herauslösen kann. Obwohl die beiden Hälften des Staubbeutels ganz von einander getrennt sind, so hängen doch die beiden Pollenmassen unten (bei *r* Fig. 1) in der in Fig. 4 gezeichneten Weise

zusammen. Zu beiden Seiten dieser Verbindungsbrücke, welche sich in dem Vorsprunge *r* (Rostellum) befindet, liegen die beiden Lappen der Narbe (Fig. 1, *s* stigma). Der in Fig. 4 gezeichnete Verbindungssattel *m* ist sehr klebrig und wird daher auch Klebscheibe genannt, nachdem er nicht selten scheibenförmig entwickelt ist. Legt man nun eine stumpfe Nadel oder eine Borste auf den oberen Theil der Unterlippe, wo dieselbe (unterhalb *d*, Fig. 1) eine Mittelfurche aufweist, und drückt das stumpfe Ende etwas an, so gleitet dasselbe ohne weiteres in den Sporn, der als Nectarium mit Honig erfüllt ist. Bei dieser Gelegenheit aber muss die Nadel durch den engen Canal *d* (Fig. 5), welcher oben durch das Rostellum begrenzt wird. Schon die leiseste Berührung genügt, um die Klebscheibe, welche von der sehr dünnen Haut des Rostellums umschlossen wird, freizulegen, und fährt man nun mit der Nadel oder Borste wieder zurück, so nimmt diese, wie Fig. 2 und 3 zeigen, die beiden Pollenmassen mit sich fort. Zunächst stehen letztere, wie in Fig. 3 abgebildet, aufrecht; alsbald legen sie sich jedoch nach vorne um (siehe Fig. 2). Benützt man dieselbe Nadel oder Borste in der angegebenen Weise bei einer anderen Blüthe, so kommen die beiden Pollenmassen gerade auf die beiden Narbenlappen (Fig. 1, *s*) zu stehen und bleibt ein Theil derselben auf ihnen kleben. Ganz dasselbe, was nun mit einer Nadel geschieht, findet auch mit dem Rüssel z. B. eines Schmetterlinges oder einer Hummel statt, und manchmal findet man Insecten, deren Rüssel eine

ganze Reihe von Pollensäcken von Knabenkräutern aufweisen.

Bei vielen ausländischen Orchideen sind die Einrichtungen viel complicirter und merkwürdiger. So sind die Blüthen von *Pterostylis longifolia* in Australien wahre Insectenfallen. Sobald sich nämlich ein Insect auf die Unterlippe setzt, schliesst sich die Blüthe momentan und bleibt das Insect nun ein bis zwei Stunden gefangen. Bei dieser Gelegenheit findet dann auch in Folge weiterer Einrichtungen die Bestäubung durch das gefangene Insect statt. Eine äusserst vollkommene Blütheneinrichtung besitzt der Osterluzei *(Aristolochia Clematitis)* (siehe Fig. 8), dessen Blüthen wegen ihres eigenthümlichen Verhaltens Kesselfallenblumen genannt werden. Sie sind gelb gefärbt und stehen am Stengel in auffallenden Quirln. Sie besitzen einen eigenthümlichen unangenehmen Geruch, der vermuthlich die Insecten anlockt. Wie man aus beistehendem Bilde ersieht, besitzt die röhren-

Fig. 8.



Kesselfallenblume oder Osterluzei *(Aristolochia Clematitis)*.

A eben geöffnete, weibliche, *B* im Verblühen begriffene, männliche, hängende Blüthe. Jede Blüthe ist zuerst weiblich und dann männlich; *l* Lippe (Anflugstelle), *b* Hals, *n* Narbe, *a* Staubbeutel.

förmige Blüthe eine trompetenförmige Mündung, einen schmalen Hals *b* und eine rundliche Erweiterung, in der sich Narben und Staubgefässe befinden. Die frisch aufgeblühte Blume steht aufrecht (wie die Abbildung *A*, links) und zeigt den ganzen engen Halscanal mit steifen Haaren, die schief nach einwärts stehen, ausgekleidet. Die kleinen Fliegen, welche die Osterluzeiblüthen, durch Farbe und Geruch angelockt, aufsuchen, kommen auf die auffallende Lippe *l*, welche als Anflugstelle dient, zu sitzen und kriechen nun, durch die nach abwärts gekehrten Borsten nicht behindert, bequem in den Kessel, der Narbe und Pollen enthält. So lange die Halsborsten steif sind, können sie aus diesem Kessel nicht heraus; sie kriechen daher unruhig herum und belegen dabei unwillkührlich die zuerst aufblühende Narbe mit Pollen, den sie auf ihrem Haarkleide mitbrachten aus einer anderen Blüthe. Ist die Narbe belegt, so öffnen sich nun auch die Pollensäcke *a*, welche sich unter der Narbe *n* befinden, und die Fliege versieht sich mit neuen Pollenmassen. Nun fängt die Blüthe an zu welken, die Halsborsten vertrocknen, die Blüthe sinkt nach abwärts und das Insect vermag nun durch den freien Hals seinen Ausweg zu finden, um etwa dasselbe Spiel mit einer andern Blüthe zu beginnen.

Nicht immer ist es die einzelne Blüthe, welche für sich alle Einrichtungen besitzt, die zur erfolgreichen und sicheren Fremdbestäubung führen. Häufig sind zahlreiche Blüthen zu einem grösseren, den Insecten

durch Farbe und Geruch auffallendem Apparate zusammengestellt, in welchem den einzelnen Blüthen, wenigstens dem Grade nach, eine verschiedene Function zukommt. Betrachtet man z. B. eine Dolde von der gelben Rübe *(Daucus Carota)*, so sieht man in der Mitte eine dunkelrothe Blüthe, welche von zahlreichen kleinen weissen, unscheinbaren, fruchtbaren Blüthen umgeben ist, von welchen die äussersten wieder etwas grösser sind und so mehr in die Augen springen. Offenbar dienen diese äusseren, sowie die mittlere Blüthe als Anlockungsmittel für Insecten und verhält sich in gewisser Beziehung die ganze Dolde so wie eine einzelne Blüthe.

Noch auffallender ist dieses Verhältniss bei den Compositen oder Korbblüthlern. Eine Kornblume z. B. erscheint oberflächlich betrachtet als eine einzelne Blüthe, während sie in der That ein ganzer Blüthenstand ist, der aus zahlreichen Blüthen besteht. Die äusseren Blüthen (Strahlblüthen) bilden den Strahlenkranz der Köpfchen; sie sind ganz unfruchtbar und haben thatsächlich nur den Zweck, das Blüthenköpfchen auffallend zu machen und so die Insecten herbeizulocken. Die unscheinbaren inneren Blüthen des Köpfchens sind zwitterig und haben zur Erzielung der Fremdbestäubung verschiedene, zum Theile höchst merkwürdige Einrichtungen, von denen hier nur die erwähnt sein mag, dass die Blüthen zunächst nur Pollen entwickeln bei geschlossener Narbe und erst nachträglich die Narbe öffnen, wodurch Fremdbestäubung zur Nothwendigkeit wird.

In ähnlicher Weise, wie dies hier bei einigen Arten geschildert wurde, sind nun die meisten Pflanzenarten mit Blüthen ausgestattet, die sei es einfachere, sei es complicirtere Einrichtungen zum Zwecke der Fremdbestäubung besitzen.

Bevor die Naturforschung, namentlich durch Darwin's diesbezügliche Studien angeregt, die biologische Seite der Physiologie mehr und mehr ins Auge fasste, erschienen uns alle die so verschiedenen Formen der Organismen als ebenso viele Räthsel, zu deren Lösung jede, selbst die geringste Handhabe fehlte. Wie sollte auch der Chemiker oder der Physiker die Formen erklären, soweit sie nicht auf Krystallisation beruhen? Die einzige mögliche, nicht biologische Erklärung der Formen würde auf Stoffverschiedenheiten beruhen. Wenn jede Form besondere Stoffe aufweist, d. h. aus anderen chemischen Verbindungen zusammengesetzt ist, dann ist es auch einigermassen verständlich, warum sie von einander verschieden sind; denn offenbar wird im Allgemeinen jeder chemische Körper eine besondere Form bedingen. Damit aber wäre allerdings nur verständlich, dass die Formen von einander verschieden sind. Warum aber diese Verschiedenheiten die thatsächlich vorhandenen sind, wäre damit nicht erklärt.

Durch die Biologie wird nun, wie wir an einer ganzen Reihe von Fällen sahen, nicht nur erklärt, dass die Formen verschieden sein müssen, sondern auch, wieso die bestehenden Formen entstanden. Heutzutage,

wo die zahlreichen chemischen Analysen von Pflanzen immer mehr und mehr die Ueberzeugung aufdrängen, dass die chemischen Unterschiede der Pflanzenleiber zu irgend welchen morphologischen Erklärungen nicht hinreichen, wo man daher der Anschauung mehr und mehr huldigt, dass die Pflanzen im Wesentlichen die gleiche Zusammensetzung aufweisen, lassen sich die verschiedenen Formen nur auf biologischem Wege verstehen. Und jedes Verstehen ist auch ein Erklären. Nehmen wir zu den zahlreichen biologischen Daten noch die Theorie der Artenentstehung von Darwin, so entrollt sich uns ein geschichtliches Bild der Entwicklung der Blüthen- und Insectenformen, wie es schöner, klarer und glanzvoller kaum gedacht werden kann!

Morphologie und Biologie, so grundverschiedene Theile einer Wissenschaft auch beide sind, so kennen beide doch nur ein letztes Ziel, das Begreifen der Form. Und mit diesem ist Alles geleistet, denn der Inbegriff der Form ist das Leben selbst!

Die wichtigere Literatur über die Blütheneinrichtungen mit Rücksicht auf die Insectenbestäubung.

1. H. Müller, Die Befruchtung der Blumen durch Insecten. Leipzig, W. Engelmann, 1873.
2. — Die Wechselbeziehungen zwischen den Blumen und den ihre Kreuzung vermittelnden Insecten, ein Handbuch der Botanik von Schenk. I. Bd., Breslau 1879 (bei Ed. Trewendt).

3. Charles Darwin, Die Wirkungen der Kreuz- und Selbstbefruchtung im Pflanzenreich. (Deutsch von Victor Carus, Stuttgart 1877.)
4. Thomas Belt, The naturalist in Nicaragua, London 1874.
5. Conrad Sprengel, 1793, Das entdeckte Geheimniss der Natur im Baue und der Befruchtung der Blumen.
6. H. Müller, Ueber den Ursprung der Blumen. Im Kosmos, I. Bd.
7. Charles Darwin, Die verschiedenen Einrichtungen, durch welche Orchideen von Insecten befruchtet werden. (Deutsch von Victor Carus.)
8. — Die verschiedenen Blüthenformen an Pflanzen derselben Art.
9. A. Kerner, Die Schutzmittel der Blüthen gegen unberufene Gäste. II. Aufl., Innsbruck 1879.
10. — Die Schutzmittel des Pollens. Innsbruck 1873.
11. — Ueber die Bedeutung der Asyngamie. Innsbruck 1874.
12. Otto Kunze, Die Schutzmittel der Pflanzen. (Gratisbeilage zur bot. Zeitung.) Leipzig, A. Felix, 1877.
13. H. Müller, Die Insecten als unbewusste Blumenzüchter. Im Kosmos, II. Bd.
14. Delpino, Ulteriori Osservazioni sulla dicogamia nel regno vegetale. Milano 1870.
15. J. Hildebrand, Die Geschlechtsvertheilung bei den Pflanzen etc. Leipzig 1867.
16. Hugo v. Mohl, Ueber cleistogame Blüthen. Botanische Zeitung 1863.

Die Abbildungen sind Originalien von Charles Darwin, Behrens und Herm. Müller entnommen.

Ueber Gifte im Allgemeinen

und

einige Vergiftungen im Haushalte.

Von

Dr. EDUARD RITTER VON HOFMANN,

Obersanitätsrath und Professor der gerichtlichen Medicin an der Wiener Universität.

Vortrag, gehalten den 3. Februar 1886.

(Mit Demonstrationen.)

Wenn ich mir erlaube über Vergiftungen, und speciell über Vergiftungen im häuslichen Leben, zu sprechen, so muss ich zunächst voraussenden, dass es bisher noch Niemandem gelungen ist, eine erschöpfende Definition des Begriffes „Gift“ zu geben, obgleich, da man so häufig von Gift und Vergiftungen sprechen hört, nichts leichter zu sein scheint.

Gewöhnlich versteht man unter Gift eine Substanz, welche schon in kleiner Menge den Organismus, in welchen sie gebracht wird, zu tödten oder wenigstens krank zu machen vermag, wobei man noch hinzufügt oder sich noch hinzudenkt, dass die betreffende Substanz nicht unter die Ansteckungsstoffe gehören und nicht auf blos mechanische oder thermische Weise wirken darf.

Aber schon die Einschränkung bezüglich der Menge ist eine Schwäche dieser Definition, da der Begriff der „kleinen Menge“ ein sehr relativer ist, und da es Substanzen gibt, welche erst in grösserer Menge eine giftige Wirkung entfalten, worunter sogar solche sich befinden, welche wir alltäglich im Haushalte verwenden. Hieher gehören z. B. die scharfen Gewürze, respective die in ihnen enthaltenen ätherischen Oele,

der Alkohol und selbst das gewöhnliche Kochsalz, mit welchem bereits zweimal Vergiftungen vorgekommen sind, und zwar beide Male bei Personen, die dasselbe als Mittel gegen den Bandwurm, und zwar die eine in der Menge von einem halben, die andere in der Menge von einem englischen Pfund, genommen hatten.[1])

Die Ausscheidung der Ansteckungs- oder besser gesagt der Infectionsstoffe aus der Definition des Begriffes „Gift" erscheint auf den ersten Blick ganz gerechtfertigt, namentlich heutzutage, wo man immer mehr zur Ueberzeugung kommt, dass diese Infectionsstoffe nicht ein unbestimmtes Agens, sondern mikroskopische Organismen sind, sogenannte Mikroben, Mikrozymen, oder, wie man sie auch gewöhnlich, jedoch nicht ganz richtig, nennt, Bakterien, dass somit die Natur der krankmachenden Substanz eine wesentlich andere ist als die der Gifte im engeren Sinne.

Aber auch hier ist eine scharfe Trennung nicht möglich, da Vieles darauf hinweist, dass die krankmachende Wirkung mancher dieser Mikroben nicht von diesen als solchen, sondern von einer giftigen Substanz ausgeht, die sich durch ihre Wucherung aus den organischen Geweben bildet, wie dies z. B. auch von den in neuerer Zeit so oft genannten Cholerabacillen angenommen wird.

Die Schwierigkeit einer strengen Scheidung wird noch durch die Thatsache vermehrt, dass auch in todten

---

[1]) Taylor, „Die Gifte", 1862, I., p. 6.

Organen, insbesondere auch in Fleischwaaren, durch faulige Zersetzung oder dieser ähnliche Processe sich Stoffe von mitunter ausserordentlicher Giftigkeit bilden, welche als Fäulnissgifte, Fäulnissalkaloide oder Ptomaïne bezeichnet werden, und dass Alles darauf hinweist, dass auch diese Gifte durch mikroskopisch kleine Organismen, nämlich durch jene Mikroben erzeugt werden, welche eben die Fäulniss oder analoge Processe einleiten und unterhalten und unter dem Namen Fäulnissbakterien zusammengefasst werden.

Berechtigt dagegen erscheint wegen der ganz anderen Wirkungsweise die Ausschliessung der nur mechanisch schädlichen Substanzen, welche man früher als eigene Gruppe der Gifte, als „mechanische Gifte", zusammenfasste, worunter z. B. gepulvertes Glas und dergleichen gerechnet wurde. In der römischen Kaiserzeit und im Mittelalter, wo die Giftmischerei fast gewerblich, namentlich von Frauen, betrieben wurde (ich erinnere an die Locusta und an die Tofania, auch Toffa, die berüchtigte Erfinderin der „Aqua toffana"), galten gepulverte Edelsteine als besonders feines und tückisches Gift, und auch Benvenuto Cellini erzählt im 13. Capitel des zweiten Buches seiner Biographie von einem gegen ihn mit Diamantenpulver ausgeübten Vergiftungsattentate, welches, wie er sagt, nur durch den Geiz des Juweliers, bei welchem das Pulver bestellt worden war, missglückte, der anstatt des ihm übergebenen Diamanten einen billigeren Stein verwendet hatte.

Jedenfalls ergibt sich aus dem Gesagten, dass eine ganz präcise und kurze Definition des Begriffes „Gift“ nicht möglich ist, und es bleibt daher nichts übrig, als sich vorläufig mit derjenigen zu begnügen, welche oben aufgestellt worden ist und welche, wenn auch nicht der streng wissenschaftlichen, so doch der vulgären Auffassung des Begriffes entspricht.

Absolute Gifte, das heisst Substanzen, die unter allen Umständen giftig wirken würden, gibt es nicht, sondern alle Gifte sind dies nur unter gewissen Umständen. Unter letztere gehört in erster Linie die Menge oder Gabe derselben.

Selbst die heftigsten Gifte verlieren ihre giftige Wirkung, wenn sie in sehr kleiner Menge gegeben werden, und es ist ja genügend bekannt, dass wir viele dieser Stoffe als Arzneimittel, und einzelne, z. B. den Alkohol, die Gewürze, respective die in ihnen enthaltenen ätherischen Oele, und selbst die blausäurebildenden bitteren Mandeln, als Genussmittel benützen. Daraus geht aber auch hervor, dass solche Genussmittel, im Uebermasse genommen, gefährlich werden können. So sind z. B. tödtliche Vergiftungen durch Uebergenuss bitterer Mandeln wiederholt, besonders bei Kindern, beobachtet worden, und mir selbst sind zwei solche Fälle vorgekommen und ausserdem sogar ein Selbstmord durch bittere Mandeln, in welchem Falle allerdings colossale Mengen derselben genommen und noch im Magen des Selbstmörders vorgefunden wurden.

Auch der Umstand, ob die Substanz im reinen oder unreinen, im festen oder gelösten Zustande und in was für einem Vehikel genommen wurde, modificirt die Wirkung eines Giftes, ebenso der Weg, auf welchem es in den Körper gelangt. So wissen wir, dass das Schlangengift, gewisse Pfeilgifte, insbesondere das Curare, und gewisse Salze (namentlich die Kalisalze), wenn sie direct ins Blut gelangen, z. B. durch eine Wunde, sehr rasch intensive Vergiftungserscheinungen erzeugen, während sie verschluckt nur in grossen Dosen oder gar nicht giftig wirken.

Interessant ist es, dass an gewisse Gifte eine Angewöhnung möglich ist, und dass dann Mengen vertragen werden, welche die unter gewöhnlichen Umständen krankmachende und selbst die tödtliche Dosis weit überragen. Schon der Alkohol und der Tabak, unsere gewöhnlichen Genussmittel, sind Beweise für diese Thatsache, aber auch bei Giften im engsten Sinne wird solches beobachtet, so insbesondere beim Arsenik und namentlich bei dem gegenwärtig so häufig gebrauchten oder besser gesagt missbrauchten Morphin, von dem schliesslich Gaben vertragen werden, welche sonst mehrere Menschen zu tödten vermögen. Allerdings hat diese Angewöhnung ihre Grenzen und erfolgt nicht ungestraft, wie die unter den Namen Alkoholismus, Nicotinismus und Morphinismus bekannten Zustände beweisen.

Sonstige individuelle Immunitäten gibt es nicht, dagegen werden solche bei Thieren beobachtet. So

fressen Drosseln und Amseln die Beeren der Tollkirsche ohne Nachtheil, ebenso Kaninchen Belladonna- und Tabakblätter, wobei zu bemerken ist, dass der Genuss des Fleisches solcher Thiere den Menschen vergiften kann.

Ungleich wichtiger ist es zu wissen, dass manche Menschen gegen Gifte ganz unverhältnissmässig empfindlich sind. Hieher gehören in erster Linie die Kinder, die namentlich gegen Opium und seine Präparate höchst empfindlich reagiren und von denen schon manche durch als unschädlich geltende Schlafmittel, wie Absud von Mohnköpfen und den sogenannten „Bockshörndlsaft“, der aus letzteren bereitet wird, in den ewigen Schlaf hinübergeführt worden sind. Auch Kranke und Greise sind gegen Gifte empfindlicher als andere Menschen, und auch sogenannte Idiosynkrasien kommen vor, das heisst Fälle, wo bei normalen und erwachsenen Menschen gegenüber gewissen Substanzen, selbst solchen, die sonst ganz unschädlich sind, eine ganz abnorme Reaction besteht. Es gibt Menschen, die nach dem Genusse von Krebsen, Erdbeeren, Morcheln, Spargel erkranken, indem sie Hautausschläge, insbesondere den sogenannten Nesselausschlag, aber auch mitunter kolikartige Anfälle, Erbrechen und Durchfall bekommen. Ferner gibt es Menschen, welche gewisse Fette, selbst Milch, nicht vertragen, das heisst darnach Ueblichkeiten bekommen. Ebenso gibt es aber auch solche, die auf Morphin, Alkohol, Atropin etc. so ungewöhnlich reagiren, dass selbst ganz kleine, zu ärzt-

lichen Zwecken gegebene Dosen ganz unverhältnissmässige, ja beängstigende Erscheinungen hervorbringen. Ein solches Verhalten findet sich vorzugsweise bei sogenannten „nervösen“ Menschen und ist in der Regel nur als Theilerscheinung eines abnormen Zustandes des Nervensystems aufzufassen.

Bezüglich der Wirkung der Gifte kann man zwei Hauptkategorien unterscheiden: erstens die localwirkenden, welche ausschliesslich oder vorzugsweise am Orte, mit welchem sie zunächst in Berührung kommen, Veränderungen hervorbringen, und zweitens solche, die erst, nachdem sie von der Applicationsstelle aufgesaugt wurden und in den Kreislauf gelangt sind, ihre Wirkung entfalten.

Die localwirkenden Gifte bringen an der Berührungsstelle, also insbesondere an der Schleimhaut der Schlingorgane, des Magens und der Gedärme, entweder Reizungserscheinungen hervor, wie z. B. der Arsenik, oder sie zerstören das betreffende Gewebe in mehr weniger bedeutender Tiefe. Letztere Eigenschaft charakterisirt die sogenannten Aetzgifte, welche die Hauptrepräsentanten dieser Gruppe bilden. Die Zerstörung, oder, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, die Verschorfung, wird bei gewissen Aetzgiften, insbesondere bei den concentrirten Säuren, namentlich bei der Schwefelsäure, durch Gerinnung der Eiweisskörper im Gewebe veranlasst, in ähnlicher Weise wie dieses durch grosse Hitze, zum Beispiel Kochen, geschieht, bei anderen, wie zum Beispiel beim Sublimat, Chlor-

zink und anderen Metallsalzen, durch Bildung unlöslicher oder schwer löslicher Verbindungen dieser Substanzen mit den Eiweisskörpern, während die ätzende Wirkung der laugenhaften Substanzen, insbesondere der Seifensiederlauge und der sogenannten Laugenessenz, darin beruht, dass sie die Gewebe einestheils intensiv reizen, anderseits aufquellen, erweichen und selbst lösen.

Die zwei erstgenannten Arten von Aetzgiften bewirken ursprünglich weisse oder weissgraue, wie gekocht aussehende, die laugenhaften aber mehr weiche, wie gequollen aussehende Schorfe.

Alle Aetzgifte erzeugen sofort oder wenige Augenblicke nach dem Geschlucktwerden heftige brennende Schmerzen in den Schlingorganen und im Magen und heftiges Erbrechen, wobei meistens blutige und bei Vergiftung mit Säuren oder Laugen in Folge des zersetzenden Einflusses dieser Stoffe auf das Blut mehr weniger schwarzbraune bis schwarze, kaffeesatzfärbige Massen entleert werden. Der höchst qualvolle Zustand übergeht in der Regel erst nach mehreren Stunden in einen raschen Verfall der Kräfte und in den Tod. Erfolgt Genesung, so ist dieselbe meist nur eine relative, indem meistens sowohl im Magen als namentlich in der Speiseröhre Narben zurückbleiben, die, sich zusammenziehend, das Schlingen erschweren und schliesslich ganz unmöglich machen, so dass solche Unglückliche mitunter erst nach Monaten und selbst nach Jahren einfach verhungern, wenn nicht (was nicht

immer möglich ist) durch operativen Eingriff Abhilfe geschieht.

Bei der Obduction der acuten Fälle finden sich entweder Entzündungserscheinungen oder, speciell bei den Aetzgiften, mehr weniger ausgedehnte Verschorfungen in den Nahrungswegen, besonders in der Speiseröhre und im Magen, namentlich in letzterem, wo das Gift nachhaltig seine zerstörenden Wirkungen entfalten kann. Diesen findet man nicht selten wie zerfressen und unregelmässig durchbrochen, und der Befund ist besonders dann höchst auffallend, wenn, wie es namentlich die Schwefelsäure und die Laugenessenz thut, das Gift auch das Blut in eine kaffeesatzartige Masse auflöst, wodurch dann die verschorften Partien wie verkohlt aussehen.

Die erst nach erfolgter Resorption (Aufsaugung) wirkenden Gifte können eingetheilt werden in Blutgifte, Nervengifte und Gewebsgifte.

Blutgifte sind solche, die ausschliesslich oder vorzugsweise das Blut verändern und dadurch dessen nutritive und respiratorische Functionen beeinträchtigen oder aufheben. Eines der wichtigsten Blutgifte ist das Kohlenoxyd, welches den giftigsten Bestandtheil des Leuchtgases und des sogenannten Kohlendunstes bildet. Die Giftigkeit dieses Gases, dem alljährlich so viele Menschenleben zum Opfer fallen, beruht darauf, dass sich das Kohlenoxyd mit dem Inhalte der rothen Blutkörperchen, dem das Blut seine rothe Farbe verdankt, verbindet und auf diese Weise

demselben die Fähigkeit benimmt, seiner physiologischen Aufgabe: Sauerstoff in den Lungen aufzunehmen und den Organen zuzuführen, zu entsprechen, was, wenn grössere Mengen des Blutfarbstoffes auf diese Art gebunden sind, den Tod durch Erstickung herbeiführt. Andere Blutgifte zersetzen das Blut, indem sie es in eine mehr weniger missfärbige Masse verwandeln, z. B. das chlorsaure Kali, welches in geringer Menge ein ausgezeichnetes, insbesondere bei Halsaffectionen angewandtes Heilmittel ist.

Als Nervengifte bezeichnen wir solche Gifte, welche das Nervensystem afficiren, indem sie gewisse Nervengebiete entweder übermässig erregen (reizen) oder dieselben lähmen, oder, was das Gewöhnliche ist, zunächst reizen und dann lähmen.

Meist handelt es sich um eine complicirte Störung der Function mehrerer Nervengebiete, man kann jedoch je nach der Prävalenz der Erscheinungen im Allgemeinen Hirngifte, Rückenmarksgifte, Hirnrückenmarksgifte und Herzgifte unterscheiden.

Die Hauptrepräsentanten der Hirngifte sind die sogenannten narkotischen Gifte, zu welchen insbesondere der Alkohol, das Chloroform, das Chloralhydrat und das Opium und dessen wichtigstes Alkaloid: das Morphin, gehören. Die Hauptwirkung dieser Gifte ist die Aufhebung des Bewusstseins, die Betäubung, welche, wie es scheint, durch einen lähmungsartigen Zustand der den Sitz des Bewusstseins bildenden Partien der Hirnrinde veranlasst wird. Die Betäubung, welche in

ihren geringeren Graden als Schlafsucht, in den höheren als Narkose sich kundgibt und in den höchsten Graden in allgemeine Lähmung übergeht, tritt entweder primär auf, wie beim Morphin, Chloralhydrat, oder es geht ihr ein rauschartiger Zustand voraus, wie beim Alkohol, Opium und Haschisch, weshalb bekanntlich diese Mittel auch als Genuss-, resp. Berauschungsmittel angewendet werden.

Von den Rückenmarksgiften ist insbesondere das Strychnin zu nennen, welches, ohne das Bewusstsein aufzuheben, durch Reizung des Rückenmarks Starrkrampf (Tetanus) hervorruft, welcher in Form von Anfällen auftritt, die schon durch leise Erschütterungen des Körpers oder durch Geräusche hervorgerufen werden. Die gegentheilige Wirkung zeigt Curare, auch ein Bestandtheil gewisser amerikanischer Pfeilgifte, welches die Muskulatur lähmt.

Von den sogenannten Hirnrückenmarksgiften sind insbesondere jene zu erwähnen, welche die Uebergangspartie des Gehirns in das Rückenmark, das sogenannte verlängerte Mark, oder, wie dieser Theil des Nervensystems wegen seiner absoluten Lebenswichtigkeit genannt wird, den „Lebensknoten", und die in ihm enthaltenen Nervencentren, nämlich das Centrum für die Athembewegung und den Kreislauf, sowie das sogenannte Krampfcentrum, heftig erregen und dann lähmen.

Der wichtigste und berüchtigste Repräsentant dieser Gruppe ist die Blausäure und die die Säure leicht

abgebenden Salze derselben, insbesondere das vielgenannte Cyankalium. Spuren von Blausäure durch das Blut dem Lebensknoten zugeführt, rufen einen Sturm von Reizungserscheinungen der genannten Apparate hervor und tödten in der Regel in ähnlich fulminanter Weise, wie dieses die Erstickung thut, das heisst unter höchster Athemnoth, rascher Bewusstlosigkeit und heftigen Krämpfen.

Eine besondere, wenn auch nicht ganz scharf begrenzte Gruppe der Nervengifte bilden die sogenannten Herzgifte, welche entweder auf das Herzfleisch oder auf die nervösen Regulirapparate der Herzbewegung, die theils im Lebensknoten, theils im Herzfleisch selbst liegen, reizend oder lähmend, oder zuerst reizend und dann lähmend wirken. Es gehört hieher das Gift des Fingerhutes (Digitalin), des Eisenhutes (Aconitin), des Stechapfels (Daturin), des Bilsenkrautes (Hyosciamin), besonders aber der Tollkirsche oder Belladonna (Atropin) und des Fliegenschwammes (Muscarin). Hiebei ist es interessant, dass einzelne dieser Gifte gerade dieselben Nervenapparate reizen, welche andere lähmen, so dass zwischen beiden ein Antagonismus besteht. So reizt das Muscarin die im Herzen befindlichen Hemmungsapparate der Herzbewegung und bewirkt dadurch Herzkrampf, während das Atropin eben diese Apparate lähmt, weshalb der durch Muscarin bewirkte Herzkrampf durch Atropin gelöst und umgekehrt ein durch Atropin gelähmtes Herz durch Muscarin wieder zum Schlagen gebracht werden kann.

Das eine Gift ist daher zugleich das Gegengift für das andere.

Interessant ist ferner die pupillenerweiternde Wirkung einzelner Gifte dieser Ordnung, welche insbesondere dem Atropin, aber auch dem Daturin und Hyosciamin zukommt. Ausserdem haben die meisten noch eine Wirkung auf das Gehirn, indem sie rauschartige Zustände und auch tiefe Bewusstseinsstörungen, insbesondere Delirien, hervorrufen.

Die Obduction der durch Nervengifte Gestorbenen zeigt, wenn nicht etwa der giftige Stoff als solcher, zum Beispiel die giftigen Pflanzentheile, im Magen sich finden oder der Geruch oder die Farbe des Mageninhaltes die Anwesenheit des betreffenden Giftes verräth, in der Regel keine auffälligen anatomischen Veränderungen, so dass die Diagnose einer derartigen Vergiftung sich in der Regel nur aus der Erwägung der dem Tode vorangegangenen Erscheinungen und aus dem Resultate der chemischen Untersuchung des Mageninhaltes und der Leichentheile ergibt.

Die letzte Classe der erst nach erfolgter Resorption wirkenden Gifte bilden die Gewebsgifte. Es gehören hieher solche Substanzen, die unmittelbar den Stoffwechsel in den Organgeweben beeinträchtigen und dadurch entsprechende Veränderungen in diesen bedingen.

Das wichtigste Gift dieser Classe ist der gelbe Phosphor, der Hauptbestandtheil der Köpfchen der gewöhnlichen Zündhölzchen. Es ist dieses eines der

tückischesten Gifte, welches nur in grösserer Menge gleich ursprünglich auffällige Krankheitserscheinungen hervorruft, dagegen schon in kleinen Quantitäten eine fettige Entartung der Muskulatur und der Gewebe der inneren, insbesondere der drüsigen Organe herbeiführt, die sich allmälig entwickelt und in der Regel erst nach drei bis fünf Tagen zum Tode führt. Diese perniciöse Wirkung des Phosphors scheint ihren Grund darin zu haben, dass der wahrscheinlich als Dampf in das Blut gelangende und mit diesem kreisende Phosphor sich auf Kosten des Sauerstoffes der Gewebe oxydirt und theils durch diese Sauerstoffentziehung, theils durch Einwirkung der Oxydationsproducte des Phosphors zunächst einen feinkörnigen Zerfall der Gewebe und hierauf eine Umwandlung der Zerfallsproducte in Fetttröpfchen herbeiführt.

Was die *Art des Zustandekommens der Vergiftungen* anbelangt, so sind zunächst absichtliche und unabsichtliche Vergiftungen zu unterscheiden. Die Besprechung der ersteren, nämlich des Mordes und Selbstmordes durch Gift, liegt ausserhalb des Rahmens meines heutigen Vortrages. Es sei nur bemerkt, dass laut statistischen Nachweisen der Giftmord entschieden abnimmt, wovon die Leichtigkeit und Sicherheit, mit welcher gegenwärtig Vergiftungen nachgewiesen werden können, die wichtigste Ursache sein dürfte, während der Selbstmord zunimmt, was sich aus der grösseren Verbreitung der Gifte erklärt. Was aber die zufälligen Vergiftungen betrifft, so lassen sich im Allge-

meinen drei Hauptarten unterscheiden, nämlich die technischen, die medicinalen und die ökonomischen.

Unter technischen Vergiftungen versteht man solche, welche bei der Gewinnung oder Bearbeitung giftiger oder gifthältiger Stoffe oder bei der Verwendung derselben in der Industrie zu Stande kommen; unter medicinalen jene, welche bei der Verwendung von Substanzen zu Heilzwecken entweder durch allzugrosse Gaben oder durch unrichtige Anwendung, oder durch Verwechslung geschehen; und endlich unter ökonomischen solche, welche im Haushalt durch die verschiedenen Gebrauchsgegenstände veranlasst werden können. Hieher gehören die Vergiftungen durch Nahrungs- und Genussmittel, durch Getränke, durch die Kleidung, durch Spielwaaren, durch Ausstattungsgegenstände der Wohnung, durch häusliche Geräthschaften und sonstige Gebrauchsartikel, sowie durch Heizung und Beleuchtung.

Derartige Vergiftungen zu besprechen ist der eigentliche Zweck meines heutigen Vortrages, doch muss ich sofort vorausschicken, dass ich blos einige der wichtigeren behandeln kann, so weit als es die kurz bemessene Zeit mir gestattet.

Ein höchst gefährliches und wegen seiner unscheinbaren Eigenschaften besonders tückisches Gift, welches schon in einer unzählbaren Menge von Fällen zu ökonomischen Vergiftungen geführt hat, ist der Arsenik. Die grosse Verbreitung dieses Giftes überhaupt, die Häufigkeit seiner Verwendung in den Ge-

werben, sowie als Mittel zur Vertilgung von Insecten, Ratten, Mäusen etc., und anderseits seine Geruch- und Geschmacklosigkeit, die weisse Farbe der Substanz und die Farblosigkeit ihrer Lösungen, macht die enorme Zahl der bereits vorgekommenen Vergiftungsfälle begreiflich.

Die meisten Vergiftungen geschahen durch Verwechslung mit Kochsalz oder durch zufällige Beimischung zu diesem. Vergiftungen ganzer Familien aus dieser Quelle sind in grosser Zahl verzeichnet, und auch Massenvergiftungen sind auf diese Weise zu Stande gekommen, so zum Beispiel 1880 in Saint-Denis eine Vergiftung von 270 Personen durch Brod, zu dessen Bereitung arsenikhältiges Kochsalz genommen worden war.

Auch zufällige Beimischungen zu Mehl sind vorgekommen, insbesondere von der krystallinischen Form des Arseniks, welche auch den bezeichnenden Namen „Giftmehl" führt.

Im Jahre 1857 erkrankten in einer Industrieschule bei London 340 Kinder nach dem Frühstück an Vergiftungserscheinungen. Die Vergiftung war durch die Milch zu Stande gekommen, welche man mit Wasser aus einem Kessel verdünnt hatte, in welchen eine alkalische Arseniklösung gethan worden war, um den Bodensatz aufzulösen, der sich darin gebildet hatte.

In einem anderen Falle erkrankte eine Menge Personen durch Wein, in welchen Arsenik dadurch gelangt war, dass man das betreffende Fass mit stark arsenikhältiger Schwefelsäure gereinigt hatte.

Seit jeher wegen ihrer Giftigkeit gefürchtet sind die arsenikhältigen Farben, in erster Linie gewisse grüne, wegen ihrer Schönheit besonders beliebte und deshalb um so gefährlichere Farben, von denen das sogenannte Schweinfurthergrün die verbreitetste ist.

Diese Farbe, welche eine chemische Verbindung von Arsenik mit Kupferoxyd darstellt und in der Regel auch freien Arsenik enthält, ist als solche in Wasser unlöslich, die damit gefärbten Gegenstände sind daher nicht mit dem Farbstoff in gewöhnlicher Weise durchsetzt, sondern derselbe ist ihnen blos äusserlich durch ein Klebemittel aufgetragen. Deshalb geht die Farbe durch Aufweichen in Wasser wieder ab oder löst sich, wenn eingetrocknet, bei mechanischer Einwirkung in Form von Staub. Um beiden Uebelständen zu begegnen, wird die Farbe ausser durch entsprechende Klebemittel noch durch einen Lacküberzug fixirt, welcher jedoch, da er in der Regel nicht absolut wasserbeständig ist und durch Eintrocknen leicht Risse bekommt und abspringt, nur einen unsicheren Schutz gewährt.

Diese Farbe wird zunächst benützt zum Färben von Kleiderstoffen, besonders Tarlatan und Barège, und sind insbesondere damit gefärbte Ballkleider beliebt. Der Arsenikgehalt ist ein colossaler, und in 20 Ellen eines solchen grünen Tarlatans wurden von Ziurek 300·9 Gramm Schweinfurthergrün gefunden, was 60·5 Gramm Arsen entspricht. Aus 200 Quadratcentimetern eines grünen Organtins, der im verflossenen Jahre vom

Wiener Magistrate confiscirt worden war, wurden 0·048 Gramme Schwefelarsen gewonnen.

Vergiftungen durch solche Kleider können theils beim Tragen, besonders aber beim Anfertigen derselben zu Stande kommen, und zwar entweder durch den Staub, der sich beim Reiben, Nähen, vorzugsweise aber beim Zerreissen des Stoffes entwickelt, oder dadurch, dass die abgehende Farbe durch die Finger in den Mund gebracht und geschluckt wird, wobei zu bemerken ist, dass das Arsengrün in der Regel viel freien Arsenik enthält.

Auch anderweitig können solche Stoffe gefährlich werden. So werden Vergiftungen von Kindern berichtet, die durch Spielen mit Puppen zu Stande kamen, welche mit so gefärbten Kleiderstoffen bekleidet waren. In einem anderen Falle erkrankten zwei Knaben schwer nach dem Genusse von feuchtem Obst, welches sie geschenkt erhalten und in einem mit Schweinfurthergrün gefärbten Schmetterlingsnetz nach Hause getragen hatten. Endlich ist mir ein Fall bekannt, wo sich bei einem bis dahin ganz gesunden Herrn unerwartet eigenthümliche, nicht zu erklärende Krankheitserscheinungen einstellten, die auf starkes Pfeifenrauchen bezogen wurden und in der That stets verschwanden, wenn das Rauchen ausgesetzt, und wieder auftraten, wenn dasselbe neuerlich aufgenommen wurde, bis sich herausstellte, dass es sich um eine Arsenikvergiftung handelte, die allerdings durch das Rauchen, nicht aber durch den Tabak, sondern durch mit Arsengrün gefärbte

Pfeifenfleckeln veranlasst worden war, von welchen der Betreffende noch einen grossen Vorrath hatte und die ihm von seiner Frau aus einem alten Ballkleid angefertigt worden waren.

Ebenso bedenklich wie Kleiderstoffe sind mit Arsengrün gefärbte Papiere. Vergiftungen mit grünen Papiertapeten besonders von Personen, welche in den betreffenden Räumen schliefen, sind wiederholt beobachtet worden; die meisten scheinen einfach durch das Verstäuben des Farbstoffes von den alt und rissig gewordenen Tapeten zu Stande gekommen zu sein. Doch scheint es, dass in manchen Fällen noch andere Momente mitwirken, so, wie vermuthet wird, bei nicht ganz trockenen Räumen die Bildung von dem höchst giftigen Arsenwasserstoff oder die Bildung ebenfalls höchst giftiger sogenannter Arsine, nämlich von Verbindungen der arsenigen Säure mit organischen Zersetzungsproducten, im vorliegenden Falle mit denen des Leimes oder des Kleisters, mit welchen die Tapeten aufgeklebt sind.

Grüne Glanzpapiere und die in der Kunstblumenfabrication verwendeten grünen Blätter sind häufig mit Arsengrün gefärbt, und es muss insbesondere davor gewarnt werden, solche Stoffe Kindern in die Hand zu geben, die bekanntlich Alles in den Mund zu nehmen und daran zu kauen pflegen. Vor Kurzem sind laut des letzten Berichtes des Wiener Stadtphysikates in einer sogenannten Flechtschule bei einem Kinde nach dem Spielen mit grünen Papierstreifen Krankheits-

erscheinungen aufgetreten, und die chemische Untersuchung ergab, dass ein Theil der letzteren mit dem verbotenen Arsengrün gefärbt war.

In letzter Zeit wurde von White in Boston über eine Hautkrankheit berichtet, die durch Spielen mit Karten entstanden war, deren Rücken mit viel Arsenikgrün bedeckt war, und ein anderer Fall, wo die Hautkrankheit nach Einkleben von Mustern in ein mit Arsengrün gefärbtes Probekartenbuch sich eingestellt hatte.

Die Verwendung solcher grünen Glanzpapiere zu Lampenschirmen ist jedenfalls bedenklich, da sich die arsenige Säure bei Einwirkung von Hitze verflüchtigt und von den der Lampe nahe Sitzenden eingeathmet werden kann.

Die Benützung des Arsengrüns zur Färbung von Spiel- und Esswaaren ist auf das Strengste verboten, trotzdem kommen immer wieder Fälle vor, dass dieses Verbot aus Unvernunft oder Gewissenlosigkeit nicht befolgt worden ist. Die „Berliner allgem. medicinische Centralzeitung“ vom 2. Jänner 1886 berichtet, dass von fünfhundert auf dem letzten Weihnachtsmarkte untersuchten Spiel- und Zuckerwaaren nur je zwei unbeanständet blieben, während alle anderen sich als mit gifthältigen Farben bemalt erwiesen. Auf vielen Pfefferkuchen fanden sich Bilderchen aufgeklebt, die Schweinfurthergrün und Chromgelb enthielten, und es war sogar der Zucker direct über diese Giftfarben gegossen!

Es gibt aber ausser der grünen noch andere Farben, welche arsenhältig und daher ebenso gefährlich

wie jene sein können. Von gelben Farben gehören hieher die Schwefelverbindungen des Arsens, insbesondere das sogenannte Auripigment oder Operment, von blauen das gewöhnliche Waschblau, die Schmalte, von welcher gewisse Sorten arsenhältig sind, und von rothen insbesondere das in neuerer Zeit viel genannte Fuchsin oder Anilinroth.

Letzteres erscheint im Handel in Form bronzegrün glänzender Körnchen und Schüppchen, welche in Wasser und noch mehr in Alkohol sich mit schön rother Farbe lösen und eine hohe färbende Kraft besitzen, weshalb das Fuchsin gegenwärtig stark zur Fälschung von Wein und zur Färbung von Liqueuren und Zuckerbäckerwaaren (Bonbons, Gefrornes) benützt wird.

Ob das Fuchsin an sich giftig ist und in welchem Grade, ist noch nicht völlig entschieden; jedenfalls ist dessen häufiger Genuss selbst in kleinen Mengen bedenklich, ebenso wie der der Anilinfarben überhaupt, namentlich scheinen dadurch Nierenkrankheiten hervorgerufen zu werden. Gefährlich erscheint aber dieser Färbestoff insbesondere deshalb, weil die meisten im Handel vorkommenden Fuchsinsorten Arsenik enthalten, welcher davon herrührt, dass zur Fabrication des Fuchsins aus Anilin in der Regel Arsensäure verwendet wird. Vor einigen Jahren obducirte ich eine Frau, welche, nachdem sie mehrere Tage mit Fuchsin gearbeitet, respective dasselbe zur Anfertigung künstlicher Blumen verwendet hatte, unter Erscheinungen der Arsenikvergiftung gestorben war. Aus Anlass

dieses Falles wurden im hiesigen Laboratorium für medicinische Chemie von Professor Ludwig sechs Fuchsinsorten untersucht, wobei sich fünf als arsenhältig erwiesen. Sie enthielten 0·3—0·5 Percent Arsenik. Es sind aber schon bis 2 Percent darin gefunden worden und von Otto sogar 4—8 Percent Arsensäure.

Ein wenn auch nicht so gefährliches, doch ebenso tückisches Gift wie der Arsenik ist das Blei und seine Salze. Insbesondere sind es chronische Vergiftungen, die dadurch zu Stande kommen können, Vergiftungen, die nicht blos bei der gewerblichen Gewinnung und Verwendung dieser Stoffe, sondern auch im Haushalte unzählige Male vorgekommen sind und nicht selten eine grosse Zahl von Personen gleichzeitig betroffen haben. So ist einmal in England eine Vergiftung von fünfhundert Personen durch Brod vorgekommen, welche dadurch veranlasst worden war, dass unter achtzig Säcke des verwendeten Mehles 80 Pfund sogenannten Bleizuckers, eines weissen Bleisalzes, hineingelangt waren.

Besonders zahlreich sind die Vergiftungen, welche durch bleihältige Zinngefässe oder durch bleihältige Verzinnungen von Kupfer- oder anderen Geschirren veranlasst worden sind.

Im Jahre 1880 erkrankten in Südtirol von dem dort garnisonirenden 150 Mann starken Halbbataillon 45 Mann unter Erscheinungen einer chronischen Bleivergiftung, von denen Einer der Vergiftung erlag, und es ergab sich, dass die Vergiftung durch die neue Ver-

zinnung der von der Mannschaft benutzten zwei Kochkessel veranlasst worden war, welche 39·6 Percent Blei enthielt.

Ueber einen sehr lehrreichen Fall von Vergiftung mehrerer Personen durch bleihältige Trinkgeschirre hat unlängst Professor Loebisch in Innsbruck berichtet. Dieselbe ereignete sich im Innsbrucker Ursulinerinnenkloster und betraf die dortigen Chorschwestern. Zuerst erkrankte eine dreiundzwanzig Jahre alte Schwester unter Mattigkeit, ziehenden Schmerzen in den Gliedern, Zuckungen und Kopfschmerzen, wozu sich bald Erbrechen und Schmerzhaftigkeit des Unterleibs hinzugesellte, welche Erscheinungen sich allmälig steigerten, in allgemeine Krämpfe übergingen und kaum vier Wochen nach Beginn der Krankheit unter Lähmungssymptomen zum Tode führten.

Im Laufe von drei Monaten erkrankten von den 57 Chorfrauen des Klosters 55 unter ähnlichen, mehr weniger schweren Erscheinungen, und es konnte keinem Zweifel unterliegen, dass es sich hier um eine Vergiftung handle, welcher, da keine von den Pensionärinnen der von den Ursulinerinnen geleiteten Mädchenschule erkrankte, nur die Chorfrauen ausgesetzt waren.

Die angestellten Recherchen ergaben nun, dass seit mehreren Monaten neue Trinkbecher und neue Teller und Schüsseln aus Zinn für die Chorfrauen in Gebrauch gekommen waren, und dass diese nicht weniger als 25 Percent Blei enthielten.

Auffallend war es, dass die jüngeren Nonnen von zwanzig bis fünfunddreissig Jahren viel früher erkrankten und viel intensivere Krankheitserscheinungen darboten als die älteren. Die Erklärung hiefür wurde bald gefunden. Es wurde nämlich eruirt, dass erstens die jüngeren Schwestern die ihnen Mittags gereichte Weinportion gewöhnlich nicht ganz aufbrauchten, sondern einen Rest in den zinnernen Bechern stehen liessen und erst in der freien Nachmittagsstunde austranken, während die älteren Chorfrauen diesen Usus nicht beobachteten, und dass zweitens die Schwestern nach der Hausordnung in zwei Abtheilungen, und zwar früher die bejahrten und dann die jüngeren, zu Tische kamen, so dass die Letzteren häufig Speisen bekamen, welche schon längere Zeit mit den Zinnschüsseln, auf welchen servirt wurde, in Berührung gestanden hatten. In ersterem Falle konnte die Säure des Weines, in letzterem die sauren und kochsalzhältigen Speisen grössere Mengen von Blei lösen, so dass die jüngeren Schwestern grössere Mengen desselben zu sich nahmen, als dies bei den älteren der Fall war; und darin liegt eben die Gefährlichkeit derartiger Gefässe, dass das in ihnen enthaltene Blei in sauren Flüssigkeiten oder Speisen, welche längere Zeit mit den Gefässwänden in Berührung stehen, sich löst, auf diese Weise in jene Getränke oder Nahrungsmittel gelangt und mit ihnen genossen wird.

Derartige, im kleinen Massstab unzählige Male stattgehabte Vergiftungsfälle machen gesetzliche Be-

stimmungen bezüglich des Bleigehaltes von Zinngeschirren und Verzinnungen sehr nothwendig. Leider enthalten die meisten Zinnsorten mehr weniger grosse Mengen von Blei, und selbst das sogenannte Bancazinn ist nicht absolut rein, da es 2—3 Percent fremde Metalle, darunter auch Blei, enthält. Auch wird letzteres wegen seiner Billigkeit und leichten Schmelzbarkeit gerne zugesetzt. Ferner ist es schwer zu bestimmen, welcher Bleigehalt der Zinnlegirungen hygienisch noch als erlaubt gelten kann. Die Berliner wissenschaftliche Deputation normirte im Jahre 1874 den durch die Wissenschaft und Erfahrung erprobten Bleigehalt der Zinnlegirungen auf ein Zehntel Blei, und das ist wohl die äusserst zulässige Grenze. Jedenfalls ist es angezeigt, beim Gebrauch zinnerner oder nicht mit ganz zweifellos reinem Zinn verzinnter Gefässe vorsichtig zu sein und insbesondere dieselben nicht zur längeren Aufbewahrung von Esswaaren und Getränken zu benützen.

Ein grösserer Bleigehalt von Zinngeschirren oder Verzinnungen verräth sich durch matteren Glanz der betreffenden Oberfläche und dadurch, dass dieselbe leicht abfärbt.

Angesichts der erwähnten Erfahrungen lag es nahe, zu erwägen, ob nicht auch die in verzinnten Eisenblechbüchsen conservirten Nahrungsmittel, die bekanntlich gegenwärtig massenhaft in den Handel kommen und mitunter erst nach jahrelangem Einschluss genossen werden, bleihältig und daher in sanitärer

Beziehung bedenklich sein können. In der That sind in dieser Richtung ausführliche Untersuchungen von Gautier im Jahre 1881 angestellt worden, worüber derselbe an die medicinische Akademie in Paris berichtete. Was zunächst die in Eisenblechbüchsen conservirten Gemüse betrifft, so fand er, dass in einem Kilo derselben bis 5 Milligramm, im Mittel 1·5 Milligramm Blei enthalten waren, und zwar desto mehr, je länger sich die Conserven in den Büchsen befanden. Schlimmer gestaltete sich die Sache bei den Fischconserven, zum Beispiel Sardinen, wo das Oel die Bleiaufnahme erleichtert. In einem Kilo Fisch fand Gautier 20—50 und in dem dazu gehörigen Oel per Kilo bis 170 Milligramm Blei. In einem Kilo conservirter Gänseleber wurden 11·8 Milligramm, in einem Kilo conservirter Hummern 27 Milligramm Blei nachgewiesen. Die von ihm untersuchten Fleischconserven (corned beef) dagegen fanden sich vollkommen bleifrei. In der auf den Vortrag Gautier's folgenden Debatte wurden die Befürchtungen desselben von allen Rednern als übertrieben bezeichnet, und auch in den deutschen Referaten über diese Mittheilungen war man der gleichen Ansicht. Auch ich bin dieser Meinung, und es ist mir auch kein Fall von Bleivergiftung durch Conserven bekannt. Man könnte sagen, dieses erkläre sich daraus, dass Conserven doch nur ausnahmsweise und nicht in grossen Mengen genossen werden; darauf ist aber zu erwidern, dass auch nach habituellem Genuss solcher Conserven, wie er in Feldzügen und bei grossen Land und See-Expe-

ditionen vorkommt, keine solchen Vergiftungen beobachtet worden sind.

Offenbar wird in den meisten Fabriken darauf gesehen, dass möglichst reines Zinn zur Verzinnung der Conservenbüchsen genommen wird, und dass, was ebenfalls wichtig ist, die Verlöthung der Büchsen auf eine solche Weise geschieht, dass von dieser aus kein Blei in die Conserve gelangen kann.

Es ist jedoch angezeigt, dass die Sanitätsbehörden von Zeit zu Zeit die Ueberzeugung sich verschaffen, dass jene Vorsichten wirklich beobachtet werden, und es ist dies besonders dann dringend indicirt, wenn, wie eben in Feldzügen u. dgl., grosse Mengen von Conserven und habituell zum Genusse gelangen sollen.

Derartige Untersuchungen sind umsomehr geboten, als die Conservirung der Nahrungsmittel in Büchsen zu den schönsten und segensreichsten Erfindungen der Neuzeit gehört, und als es daher umsoweniger angeht, zu dulden, dass dieselbe, wenn auch nur ausnahmsweise, eine Quelle von Gesundheitsschädigungen werden könne.

Eine Bleivergiftung kann auch im Haushalte zu Stande kommen durch Kochen oder Aufbewahrung saurer oder kochsalzhältiger Nahrungsmittel und Getränke in schlecht glasirten Gefässen, namentlich in ordinärer Töpferwaare, deren Glasur verhältnissmässig häufig Blei im Ueberschusse enthält.

In manchen Haushaltungen ist es üblich, Flaschen in der Weise zu reinigen, dass man sie mit Schrott-

körnern durchschüttelt. Diese Reinigungsart ist sanitär bedenklich, da beim Schütteln Blei abgerieben wird auch einzelne Schrottkörner zurückbleiben und namentlich dann zu Bleivergiftungen führen können, wenn Wein, Bier u. dgl. durch längere Zeit in den Flaschen aufbewahrt wird.

Vergiftungen können ferner vorkommen durch die stark verbreiteten weissen, rothen und gelben Bleifarben, namentlich durch so gefärbtes Kinderspielzeug oder durch trotz aller Verbote und Strafen doch manchmal vorkommende Verwendung solcher Farben zum Färben von Zuckerbäckerwaaren, Pfefferkuchen u. dgl.

Manche weisse Papiere, besonders gewisse Sorten von Visitkarten, haben einen Ueberzug von sogenanntem Bleiweiss, und es werden Vergiftungen mitgetheilt, die dadurch geschahen, dass Kinder solche Karten, die ihnen zum Spielen gegeben wurden, beleckten oder zerkauten.

Ich selbst habe einen solchen Fall beobachtet, wo aber der Ueberzug der Karten aus Bleizucker bestand. Es waren dies Karten von sogenanntem Brillantpapier, die durch einige Zeit sehr in Mode waren. Die betreffende Oberfläche zeigte einen Brillantglanz und eine sternförmige Zeichnung, welche beide Eigenschaften von feinen, sternförmig angeordneten Nadeln von Bleizucker herrührten. Diese Karten waren einem einjährigen Kinde zum Spielen gegeben worden, und dasselbe hatte an dem etwas süsslichen Geschmack des Ueberzuges Gefallen gefunden und zwei dieser Karten

zerkaut und mehrere andere beleckt. Solche Erfahrungen sind wieder ein Wink, wie vorsichtig man bezüglich der Dinge sein soll, die Kindern zum Spielen übergeben werden.

Es gibt noch eine Menge anderer Wege, auf welchen zufällige Bleivergiftungen sich ereignen können, und die Literatur enthält zahlreiche solche Vorkommnisse. Hier will ich nur eines Falles erwähnen, der erst vor Kurzem mitgetheilt worden ist, welcher einen höheren Beamten betraf, der seit längerer Zeit an heftigen Koliken und an Verdauungsbeschwerden laborirte, immer elender aussah, bis endlich herauskam, dass das schwere Leiden von einer Bleivergiftung herrühre, die sich der Betreffende an seinem Schreibtische zugezogen hatte. Auf diesem stand nämlich ein Becher mit Schrott, in welchen er die Federn hineinzustecken pflegte, wobei er die Gewohnheit hatte, von Zeit zu Zeit ein Schrottkorn in den Mund zu nehmen und daran während des Schreibens zu kauen, wodurch er allmälig ansehnliche Mengen von Blei in seinen Körper brachte. Nachdem dieser Sachverhalt erkannt war, erfolgte verhältnissmässig rasch die Heilung von dem für unheilbar gehaltenen Siechthum.

Von metallischen Giften, mit welchen Vergiftungen im Haushalt vorkommen können, erwähne ich, seiner besonderen Verbreitung wegen, noch den Phosphor.

Es gibt zwei Arten des Phosphors: den gelben und den rothen Phosphor. Der rothe Phosphor ist nicht

giftig und auch weniger feuergefährlich als der gelbe. Letzterer bildet den Hauptbestandtheil der Köpfchen der gewöhnlichen Zündhölzchen, welche ihm ihren eigenthümlichen knoblauchartigen Geruch, den charakteristischen Geschmack und die Eigenschaft verdanken, im Dunkeln zu leuchten, wenn sie gerieben werden, welche Eigenschaften der rothe Phosphor, der zugleich geruch- und geschmacklos ist, nicht besitzt.

Trotz dieser auffallenden Eigenschaften sind zufällige Vergiftungen mit Zündhölzchen nicht gar selten, und wieder sind es die Kinder, bei welchen sie am häufigsten vorkommen, indem diese über Zündhölzchen gerathen, mit ihnen spielen und ebenso wie sie nicht selten durch Entzünden derselben sich und Andere in Gefahr bringen, auch die Köpfchen kauen und sich so vergiften.

Die Giftigkeit des Phosphors ist eine grosse, und es genügen schon die Köpfchen eines Päckchens Zündhölzchen, um einen Menschen zu tödten, und schon einige sind im Stande, schwere Zustände zu veranlassen. Dieses ist offenbar bei dem minder gebildeten Publicum nicht genügend bekannt, und nur so erklärt sich die verhältnissmässige Häufigkeit des Vorkommens eines höchst gefährlichen Scherzes, der darin besteht, dass Berauschten Zündhölzchenköpfchen ins Getränk oder in die Speisen gegeben werden. Mir sind zwei Fälle vorgekommen, wo die Betreffenden diesen Scherz mit dem Leben bezahlten. Auch die Zahl der in der Literatur verzeichneten Fälle von tödtlichen Vergiftungen

von Kindern durch wenige Zündhölzchenköpfe ist eine beträchtliche, wozu zwei von mir selbst obducirte gehören. In dem einen Falle hatte das Kind nur 2—3 Köpfchen verschluckt, allerdings waren es aber keine gewöhnlichen Zündhölzchen, sondern Leuchtkerzchen, deren Köpfchen doppelt so gross waren wie die gewöhnlicher Zündhölzchen.

Diese grosse Giftigkeit, sowie die Feuergefährlichkeit der gewöhnlichen Zündhölzchen lässt die grössere Verbreitung der sogenannten schwedischen Zündhölzchen wünschenswerth erscheinen, deren Köpfchen keinen Phosphor enthalten, und die nur auf der Reibfläche der Schachtel sich entzünden, welche aus der rothen, nicht giftigen Modification des Phosphors besteht.

Eine besondere Art von Vergiftungen, welche im Haushalte vorkommen können, bilden die sogenannten Fleischvergiftungen im engeren Sinne. Man versteht darunter Vergiftungen, die durch von Haus aus giftiges, oder durch krankes oder verdorbenes Fleisch geschehen.

Die als solche und stets giftigen Thiere, respective deren Fleisch, zum Beispiel gewisse Weichthiere, Krebse und Fische, kommen bei uns wohl nicht in Betracht, doch ist zu beachten, dass auch sonst essbare Thiere zeitweise in Folge gewisser physiologischer Vorgänge giftige oder wenigstens bedenkliche Eigenschaften entfalten. So gibt es im Stillen Ocean Fische, die zeitweilig giftig sind. Auch bei uns verursacht die Seebarbe

im Mai, Austern und Krebse in der Befruchtungszeit (in den Monaten ohne *r*) Ueblichkeiten und selbst entschiedene Vergiftungserscheinungen.

Dass gelegenheitlich Gifte von aussen in zum Genuss bestimmte lebende Thiere hineingelangen und dann dem Fleische derselben giftige Eigenschaften verleihen können, habe ich bereits angedeutet. Man hat Vergiftungen beobachtet durch Austern, welche auf kupferhältigen Gegenständen gehaftet und so Kupfer in sich aufgenommen hatten. Im November 1885 erkrankten mehrere Arbeiter in Wilhelmshaven nach dem Genusse von Miesmuscheln, welche sie in einem geschlossenen Hafenbassin von Schiffsplanken aufgelesen hatten; vier davon starben binnen $1^3/_4$—5 Stunden. Schon 5—6 Muscheln hatten genügt. Der Geruch dieser Muscheln war süsslich, ekelerregend, das Wasser bei der Abkochung bläulich. Alkoholische und wässerige Auszüge, mit denen in Berlin Versuche gemacht wurden, erwiesen sich als ungemein giftig. Weitere Versuche ergaben, dass, wenn die Muscheln aus dem betreffenden stagnirenden in offenes Wasser gebracht wurden, sie nach einiger Zeit ihre Giftigkeit vollkommen verloren hatten, woraus folgt, dass die Muscheln nicht an und für sich giftig waren, sondern es durch Aufnahme giftiger Stoffe (vielleicht eines Ptomains) aus dem stagnirenden Wasser des geschlossenen Bassins geworden sind. Ferner kamen Vergiftungen vor durch Schnecken, die auf Belladonnapflanzen gesammelt, und mit Fischen, welche mit Kokelskörnern u. dgl. betäubt

worden waren. Auch durch Fleisch von Vögeln, welche giftige Beeren oder Samen, oder vergiftetes Getreide gefressen hatten, sind solche geschehen, und ebenso andere durch Fleisch von Säugethieren, welche für den Menschen giftige Kräuter gefressen hatten, oder in welche das Gift durch medicamentöse Anwendung oder durch Unvorsichtigkeit oder Bosheit gelangt war.

Solche Vorkommnisse sind im Allgemeinen selten, ungleich häufiger und ungleich bedenklicher sind die Fälle von Vergiftungen durch krankes oder verdorbenes Fleisch.

Zu ersteren gehören schon die Uebertragungen von in gewissen Thieren vorkommenden Parasiten auf den Menschen, so die des Bandwurmes durch finniges Schweinefleisch und insbesondere der Trichinen durch trichinenhältiges rohes oder geselchtes Schweinefleisch, Vorkommnisse, deren Besprechung in ein anderes Capitel gehört und gegen welche eine rationelle Fleischbeschau und insbesondere ein ausgiebiges Kochen und Braten des Fleisches und Vermeidung des Genusses von rohem Schweinefleisch oder Schinken genügenden Schutz gewähren kann.

Ganz besonders gefährlich ist aber das Fleisch von Thieren, welche an gewissen Infectionskrankheiten gelitten haben und entweder während und wegen ihrer Erkrankung geschlachtet worden oder daran gestorben sind. Namentlich gefürchtet sind in dieser Beziehung der Milzbrand und gewisse typhöse Erkrankungen, und das letzte Decennium hat gezeigt, dass durch solches

Fleisch Massenerkrankungen von Menschen veranlasst werden können.

Hieher gehört die nach dem Sängerfeste in Kloten bei Zürich im Mai 1878 ausgebrochene Typhusepidemie. Bei siebenhundert Personen hatten an diesem Feste theilgenommen, und im Laufe weniger Tage waren an fünfhundert derselben unter Erscheinungen eines schweren Typhus krank und mehrere nach wenigen Wochen todt. Es stellte sich heraus, dass der betreffende Wirth unter anderem guten und regelrecht beschauten Fleisch auch, zwei Tage vor dem Feste 43 Pfund Kalbfleisch ohne Knochen von einem Thiere erhalten hatte, welches ohne Anzeige an den Fleischbeschauer getödtet worden war. Das Thier war, weil krank, noch im letzten Augenblicke vor dem Tode, vielleicht auch erst nach demselben, abgestochen worden. Von diesem Kalb verkaufte der Metzger die Lungen an eine Frau und das Hirn an eine Pfarrersfamilie, und alle diese Personen erkrankten wenige Tage nach dem Genusse dieser Organe an denselben Erscheinungen, wie sie dann bei den Gästen des Sängerfestes auftraten, ebenso erkrankte ein Hund, dem man einige der Knochen vorgeworfen hatte. Nach Allem war das Thier mit Typhus behaftet gewesen, von welchem damals mehrere andere Fälle beim Rindvieh des betreffenden Ortes vorgekommen waren.

Trotz dieser fürchterlichen Erfahrung kam schon im nächsten Jahre wieder in der Umgebung von Zürich ein analoger Fall vor, indem abermals ein krankes

Kalb mit Umgehung des Beschauers geschlachtet und verzehrt wurde, wodurch abermals die typhöse Erkrankung auf eine ansehnliche Zahl von Personen, insbesondere auf ganze Familien, übertragen wurde.

Im Jahre 1874 erkrankten bei Bregenz sämmtliche Personen, die von dem Fleische einer Kuh genossen hatten, einundfünfzig an der Zahl, innerhalb drei Tagen an choleraähnlichen Erscheinungen, die zum Theile einen gefährlichen Charakter annahmen. Hier handelte es sich offenbar um eine sogenannte septische oder pyämische Erkrankung (Blutzersetzung) der betreffenden Kuh, denn diese war nach einer schweren Entbindung unter hohem Fieber erkrankt, und es war eben ihrer schweren Erkrankung wegen die Nothschlachtung vorgenommen worden.

In anderen Fällen handelte es sich um Fleisch von milzbrandkranken Thieren, welches auch deshalb ganz besonders gefährlich ist, weil schon das Manipuliren mit demselben leicht die Uebertragung des Milzbrandgiftes (Milzbrandbakterien) auf den Menschen herbeiführen kann. Im Jahre 1876 erkrankten in Nordhausen an vierhundert Menschen durch solches Fleisch und im Jahre 1877 in Wurzen in Sachsen zweihundertsechs, von denen ein grosser Theil starb. In letzterem Falle wurde der Gutsbesitzer, der die Thiere verkauft hatte, zu 18.000 Mark und die beiden Fleischer, die das Fleisch verschrotet hatten, jeder zu 6000 Mark Geldstrafe verurtheilt.

Nicht minder gefährlich als derartiges Fleisch ist verdorbenes Fleisch. Die Verderbniss kann durch gewöhnliche Fäulniss oder dieser nahestehende Processe erfolgen.

Alle diese Processe werden durch mikroskopische Organismen veranlasst und stellen Zersetzungsvorgänge dar, bei welchen diese Organismen, welche man gewöhnlich als Fäulnissbakterien bezeichnet, die Rolle eines Fermentes spielen, indem sie durch ihre rapide Wucherung die Fäulniss erregen und unterhalten.

Die Krankheitserscheinungen können nun sowohl durch diese Mikroorganismen, als durch die Zersetzungsproducte, welche durch ihre Einwirkung in den betreffenden faulenden Geweben und aus denselben entstehen, veranlasst werden. Unter letzteren befinden sich die erst in neuerer Zeit studirten sogenannten Fäulnissgifte oder Ptomaine, basische, den Pflanzenalkaloiden, unter welche bekanntlich unsere heftigsten Gifte, wie Strychnin, Atropin, Morphin u. dgl. gehören, ähnliche Körper, von denen einzelne eine ganz intensive Giftigkeit besitzen.

Manche scheinen in die Classe der Krampfgifte zu gehören und erzeugen Symptome, wie sie dem Strychnin, Coniin, Nicotin u. dgl. zukommen, andere wieder wirken nach Art der Herzgifte, und es wurde insbesondere in letzter Zeit von Brieger ein Fäulnissalkaloid dargestellt, welches mit dem giftigen Princip gewisser Schwämme, dem Muscarin, in seiner Wirkung übereinstimmt.

Ferner entwickeln sich im faulenden Fleisch verschiedene Körper, welche ebenso, wie wahrscheinlich die Bakterien für sich allein, durch Reizung der Schleimhäute des Verdauungscanales choleraähnliche Erscheinungen hervorrufen.

In welchem Stadium des Zersetzungsvorganges und unter welchen Umständen die einen oder die anderen Bakterien, respective die erwähnten giftigen Zersetzungsproducte, auftreten, ist vorläufig noch viel zu wenig bekannt. So viel ist aber sicher, dass nicht jede Fäulniss, respective jeder der Fäulniss analoger Process, mit Bildung solcher Giftstoffe verbunden sein muss. Denn nur so erklärt es sich, warum wir gewisse bereits in fauliger oder dieser ähnlichen Zersetzung begriffene Nahrungsmittel ohne Schaden geniessen können und sogar gerne geniessen, wie zum Beispiel Wildpret und Käse.

Es gibt auch Fleischsorten, welche viel leichter der Fäulniss unterliegen als andere, wie zum Beispiel das Kalbfleisch, das Schweinefleisch, insbesondere aber das Fischfleisch, und gerade diese Fleischsorten sind es, mit welchen, wenn sie verdorben waren, die häufigsten Vergiftungen vorgekommen sind.

Die Gefährlichkeit faulen Fischfleisches ist seit alter Zeit bekannt und darauf gründet sich vielleicht eine etwas sonderbare Verfügung der Wiener Marktordnung aus dem vierzehnten Jahrhundert, welche den Fischern gebietet, auf dem Markte unter freiem Himmel, barhaupt und ohne Mantel, wie auch die Jahres-

zeit und Witterung sei, ihre Waare feilzubieten, um sie dadurch zu bewegen, die Fische schnell und ohne langes Feilschen zu verkaufen.

Von den Fischen faulen besonders Seefische sehr rasch, und durch den Genuss solcher sind wiederholt Massenvergiftungen zu Stande gekommen, namentlich durch verdorbene Stockfische. Im Jahre 1866 erkrankten von einem bei Toulon verankerten Artillerieschulschiff 130 Mann nach dem Genusse verdorbener Stockfische, sämmtlich an choleraähnlichen Erscheinungen, im Jahre 1878 aus gleicher Ursache und unter gleichen Symptomen 122 Mann der Fremdenlegion in Algier, und am 3. October 1884 215 Matrosen der französischen Fregatte „Vengeance“.

Die Vergiftung einer ganzen aus sechs Mitgliedern bestehenden Familie durch verdorbene Süsswasserfische ist im Jahre 1883 bei Königsberg vorgekommen und von Schreiber beschrieben worden. Die Fische waren 5—6 Tage in Essig gelegen, waren von den Betreffenden als verdorben erkannt, trotzdem aber genossen worden; zwei dieser Personen bezahlten den Genuss derselben mit dem Tode.

Ueber eine Vergiftung von fünf Personen durch verdorbene Häringe mit drei Todesfällen hat vor Kurzem Hirschfeld in Colberg berichtet. Die Häringe waren frisch gekauft und sofort in Essig gekocht worden, und die Familie hatte durch drei Tage von denselben ohne Schaden gegessen; am vierten Tage war noch ein kleiner, aber schon etwas schimmeliger Rest

geblieben, in welchen sich die fünf Personen theilten, wobei es auffiel, dass der Roggen der Fische schon einen bitteren, ganz anderen Geschmack hatte als an den Tagen zuvor. Schon am selben Tage stellte sich bei der einen Person ein unauslöschlicher Durst und ein Brennen im Halse ein, und in der Nacht erkrankten Alle an Leibschmerzen, Erbrechen mit Sehstörungen und erweiterten Pupillen, Schlingbeschwerden, und drei von ihnen starben 1—3 Tage nach dem Genusse der verdächtigen Speise. Die chemische Untersuchung der Leichentheile ergab kein bekanntes Gift, wohl aber zwei sehr flüchtige basische Körper, welche nicht näher bestimmbar waren, aber wahrscheinlich flüchtige Methyl- und Aethylaminbasen waren, von denen der Chemiker die Vermuthung aussprach, dass sie das giftige, durch Fäulniss, respective Schimmelbildung, aus dem Fischfleisch entstandene Agens, also ein sogenanntes Ptomaïn, gewesen sein dürften.

Die Erscheinungen, welche in den letztgenannten Fällen auftraten, sind fast identisch mit denjenigen, wie sie nach Vergiftungen mit verdorbenen Würsten, Schinken und ähnlichen Selchwaaren beobachtet worden sind, und es ist daher die Vermuthung gerechtfertigt, dass das bisher in seiner Natur unbekannt gebliebene „Wurstgift“ ebenfalls ein sogenanntes Ptomaïn sein dürfte.

Die Zahl der bereits bekannten „Wurstvergiftungen“ ist eine beträchtliche, und Schlossberger, der im Jahre 1853 über dieselben schrieb, schätzte

die Zahl der in den letzten 7—8 Jahren vorgekommenen Fälle auf etwa vierhundert. Für die Gefährlichkeit des betreffenden Giftes spricht die hohe Mortalitätsziffer, die nahezu 50 Percent beträgt.

Die meisten Wurstvergiftungen sind bisher in Württemberg und Baden vorgekommen. Die Ursache hievon scheint einestheils darin zu liegen, dass dort die Fabrication von Würsten im Hause ganz besonders stark betrieben wird, und anderseits in der primitiven Räucherungs- und Aufbewahrungsweise dieser Esswaaren. Es sind jedoch auch anderwärts wiederholt derartige Vergiftungen beobachtet worden und auch in Wien kommen sie von Zeit zu Zeit vor.

Die letzte Mittheilung über Fälle von „Wurstvergiftung" oder Botulismus hat Roth gebracht, und diese sind auch deshalb bemerkenswerth, weil sie die ersten zu sein scheinen, die aus Pommern, überhaupt aus Norddeutschland, beschrieben worden sind. Es handelte sich um zwei getrennte Vorkommnisse. In dem einen waren vier Personen nach dem Genusse von schimmeligen Schinken erkrankt, von denen zwei am nächsten Tage, die anderen nach zwei- bis dreiwöchentlicher schwerer Krankheit genasen, im zweiten erkrankten fünf Personen nach dem Genusse von verdächtigem geräucherten Speck, von denen zwei am fünften und zehnten Tage starben, während die übrigen nach mehrwöchentlicher Krankheit aufkamen.

Die Symptome waren aber die oben erwähnten, der Krankheitsverlauf hatte einige Aehnlichkeit mit

einer Akonitinvergiftung, und die chemische Analyse ergab in der That einen alkaloidähnlichen, offenbar in die Classe der Ptomaïne gehörenden Körper.

Diese Vorkommnisse mahnen zur Vorsicht. Selbst die intensivste sanitäts-, respective marktpolizeiliche Untersuchung ist nicht im Stande, denselben völlig vorzubeugen, in der Haushaltung selbst müssen die nöthigen Cautelen beobachtet werden. Diese erfordern zunächst Vorsicht beim Ankauf des Rohmaterials und zweitens Vorsicht bei der Bereitung und Aufbewahrung der betreffenden Speisen. Ueber den ersten Punkt brauche ich mich nicht zu verbreiten, bezüglich des zweiten empfiehlt sich sorgfältige Reinigung des Rohmateriales und Entfernung der verdächtig aussehenden Partien. Bei einer der oben erwähnten Massenvergiftungen von Seeleuten durch verdorbenen Stockfisch stellte sich heraus, dass die Fische weniger intensiv als sonst gewaschen, respective das Wasser, in welches sie vor der Zubereitung zum Aufweichen gelegt worden waren, nicht genügend oft erneuert und nicht einmal vollständig entfernt worden war, woraus sich erklärte, dass eben auf dem einen Schiffe so massenhafte Erkrankungen vorkamen, während auf einem andern, wo derselbe verdorbene Stockfisch, aber gut ausgewässert, genossen wurde, nur wenige und leichtere Vergiftungsfälle auftraten.

Gerade das gefährlichste der Fäulnissgifte, das „Fischgift", scheint sich im Wasser, namentlich im heissen Wasser leicht zu lösen, und es ist daher ange-

zeigt, einestheils die Salzlake oder Pökelflüssigkeit, Essig u. dgl., in welcher verdächtige Fische, zum Beispiel Häringe, liegen, vom Genusse auszuschliessen, respective die Fische davon zu reinigen, und anderseits das Wasser, in welchem nicht ganz frisch gewesene Fische gekocht wurden, wegzugiessen. In diesem Verhalten des „Fischgiftes“ und des mit ihm offenbar verwandten „Wurstgiftes“ liegt eine weitere Aehnlichkeit mit dem bereits wiederholt erwähnten giftigen Agens gewisser Pilze. So haben in neuerer Zeit die durch Boström, Maurer und Ponfik angestellten Untersuchungen über das in manchen Morchelarten vorkommende Gift ergeben, dass dasselbe schwer löslich im kalten, leichter löslich im lauen und leicht löslich im heissen Wasser ist, und dass daher die heisse Brühe besonders giftig ist, während die abgebrühten Schwämme selbst unschädlich sind. Ausserdem scheinen die Fäulnissgifte ebenso wie das Morchelgift flüchtig zu sein, denn durch Eintrocknen der Substanz oder Verdampfen der Brühe geht das giftige Princip verloren. Daher ist auch intensives Kochen und Braten vortheilhaft, welches ja, wie bereits erwähnt, auch Infectionsstoffe und Parasiten zerstört.

Doch ist dafür zu sorgen, dass die Hitze nicht etwa blos oberflächlich einwirkt, sondern auch das Innere der betreffenden Substanz gehörig durchdringt. Nur Temperaturen von mindestens 100 Grad Celsius sind in dieser Beziehung wirksam, und diese kommen im Innern grösserer Fleischstücke keineswegs so leicht

zu Stande. Im Jahre 1881 wurden in dieser Richtung Versuche im kaiserlichen Gesundheitsamte in Berlin von Wolffhügel und Hieppe angestellt, wobei sie sich kleiner, besonders construirter Maximumthermometer bedienten, die mittelst eines durch ein Hohleisen gestochenen Canals in das Innere der betreffenden Objecte eingeführt wurden. Es ergab sich, dass die Hitze nur sehr langsam in die Objecte eindringt und sich nicht gleichmässig in denselben vertheilt. In grossen Stücken Fleisch kommt trotz mehrstündigen Kochens und Siedens eine Temperatur von 100 Graden Celsius nicht zu Stande. Bei der Zubereitung der Conservenbüchsen wird die Temperatur des Fleisches, so lange das Wasser oder die Kochsalzlösung unter 100 Grad Celsius erhitzt wird, nie auf 100 Grad Celsius gebracht und beim Kochen im Dampfkochtopf (110—130 Grad Celsius) nur in kleinen Büchsen.

Daraus folgt die Anzeige, dass man Fleisch, dessen man nicht ganz sicher ist, nicht in grossen, sondern in kleineren Stücken kochen oder braten soll.

Wie aus den oben gemachten Mittheilungen hervorgeht, waren es verhältnissmässig häufig zubereitete, aber durch längere Aufbewahrung verdorbene Nahrungsmittel, welche zu Vergiftungen Veranlassung gegeben haben. Diese Thatsache mahnt zur Vorsicht bei der Aufbewahrung von leicht der Verderbniss ausgesetzten Esswaaren und bei der Verwendung länger aufbewahrt gewesener solcher Stoffe zum Genusse. Es ist in dieser Beziehung zu bemerken, dass es sich nicht

ausschliesslich um gewöhnliche Fäulniss handelt, sondern auch um Verderbniss anderer Art, wie zum Beispiel um Schimmelbildung und um Ablagerung von Mikroorganismen verschiedener Formen, und dass diese Form der Verderbniss der Erfahrung zu Folge viel gefährlicher zu sein scheint als die gewöhnliche Fäulniss, welche überdies sich in viel auffälligerer Weise kundgibt und die Nahrungsmittel in so widerlicher Weise verändert, dass dies vom Genusse abschreckt.

Es weisen ferner viele Erfahrungen darauf hin, dass auch Infectionsstoffe auf Nahrungsmitteln sich festsetzen, dort sich vermehren und auf diese Weise in unseren Organismus gelangen können. Von den Milzbrand- und Cholerabacillen ist dies experimentell nachgewiesen, insbesondere dass letztere auf gekochten Kartoffeln, auf Gelatine, auf Fleischbrühe und Milch lebhaft wuchern, und es ist sehr wahrscheinlich, dass die Magen- und Darmkatarrhe, welche so leicht nach dem Genusse nicht ganz frischer Nahrungsmittel auftreten, durch Organismen veranlasst werden, welche sich während des Aufbewahrens der Speisen auf diesen abgelagert und dort einen gedeihlichen Nährboden gefunden haben.

Es geht daraus hervor, dass der in Haushaltungen so häufige Gebrauch, übriggebliebene Speisen durch mehrere Tage aufzubewahren, mitunter seine recht bedenklichen Seiten haben kann, und dass daher, wenn sich schon dieser Usus nicht vermeiden lässt, wenig-

stens gewisse Vorsichten beobachtet werden sollen, wohin möglichster Abschluss der Luft oder wenigstens Aufbewahrung in reingehaltenen Räumen, möglichste Verkürzung der Aufbewahrungsfrist und besonders neuerliches Kochen, respective Braten, vor dem Genusse gehört.

Namentlich in der warmen Jahreszeit, welche Fäulniss- und anderen Zersetzungsprocessen besonders günstig ist, und in Zeiten, wo Magen- und Darmkatarrhe, sogenannte Cholerinen, häufiger vorkommen oder gar Choleragefahr besteht, sollte man diese Massnahmen nicht ausser Acht lassen, und man kann sich wahrscheinlich gegen die Cholera am besten dadurch schützen, dass man während der Dauer der Epidemie nur frisch gekochte oder gebratene Speisen geniesst.

Ich habe bisher nur die Vergiftungen durch Nahrungsmittel, Getränke und Gebrauchsgegenstände berührt; von den übrigen Vergiftungen, die im Haushalte gelegenheitlich vorkommen können, will ich nur eine erwähnen, die leider gerade in grossen Städten häufig vorkommt und der speciell in Wien fast alle Jahre mehrere Menschen zum Opfer fallen. Es ist dies die Vergiftung durch Kohlenoxyd.

Es sind zwei Gasgemische, die in dieser Beziehung in Betracht kommen: der sogenannte Kohlendunst und das Leuchtgas.

Unter Kohlendunst verstehen wir jenes Gasgemisch, welches aus glühenden Kohlen sich entwickelt. Das giftige Agens in diesem Gemisch von Verbren-

nungsgasen ist eben das Kohlenoxyd, dessen Giftigkeit, wie schon erwähnt, darin besteht, dass es, nachdem es durch Einathmen in das Blut gelangt ist, sich mit dem in den rothen Blutkörperchen enthaltenen Blutfarbstoff, dem sogenannten Hämoglobin, verbindet und diesem dadurch die Fähigkeit nimmt, Sauerstoff in den Lungen aufzunehmen und an die Organe abzugeben.

Das Kohlenoxyd sowohl als der reine Kohlendunst sind geruchlos, es können daher beträchtliche Mengen davon in einem Raume angesammelt sein, ohne dass dies durch den Geruch zu merken ist. Ein auffälliger Geruch ist nur dann zu bemerken, wenn mehr weniger Rauch oder brenzliche Verbrennungsproducte beigemengt sind, was allerdings häufig der Fall ist.

Die meisten Kohlendunstvergiftungen kommen durch Ofenheizungen zu Stande, indem entweder, um Wärme zu sparen, die Klappe des Rauchrohres, deren Anbringung eigentlich verboten ist, vorzeitig, d. h. bevor noch die Kohlen vollständig ausgebrannt sind, geschlossen wurde, oder weil sich das Rauchrohr oder der Rauchfang durch Russ oder anderweitig verlegt hatte, oder weil der Heizapparat schadhaft oder unzweckmässig construirt war. Auch sind Fälle vorgekommen, wo die Kohlendunstvergiftung dadurch eintrat, dass bei schwerer starknebeliger Luft oder bei heftigem Sturm die Verbrennungsproducte, d. h. anfangs der Rauch, später der Kohlendunst, zurückgedrückt wurden und daher statt durch den Rauchfang in den betreffenden Wohnraum entwichen.

Hiebei ist zweierlei zu bemerken: erstens, dass der entweichende Kohlendunst durch Thüren und andere Fugen oder poröse Wandungen in Nebenräume dringen und die dort Schlafenden betäuben kann, dass also eine Kohlendunstvergiftung auch in einem Raume vorkommen kann, der gar nicht geheizt war und wo sich vielleicht gar kein Ofen befindet, und zweitens, dass sich solche Unglücksfälle im Allgemeinen leichter bei der Heizung mit Coaks ereignen können, weil diese besonders reich an Kohlenstoff sind und zur vollständigen Verbrennung sehr gut ziehender Oefen bedürfen, und weil die Rauchentwicklung eine geringere ist als bei Steinkohlenfeuerung, weshalb das Entweichen der Verbrennungsproducte weniger auffällt als bei dieser.

In neuerer Zeit wurde vielfach behauptet, dass glühende eiserne, besonders gusseiserne Oefen Kohlenoxyd in die betreffenden Räume ausströmen lassen, und man hat diese Erscheinung theils von einer Diffusion der Verbrennungsgase, speciell des Kohlenoxyds, durch die glühende Ofenwand, theils von einer Oxydation der im Gusseisen befindlichen Kohle, theils von einer Reduction der Kohlensäure der Luft durch das glühende Eisen abgeleitet. Exactere Untersuchungen haben ergeben, dass ein Ausströmen von Kohlenoxyd factisch stattfindet, dass es sich jedoch nur um geringe Mengen dieses Gases handelt, die als unbedenklich angesehen werden können, was insbesondere daraus hervorgeht, dass die aus unmittelbarer Nähe glühender eiserner Oefen durch Blut durchgesaugte Luft keine wesent-

lichen, insbesondere keine spectroscopischen Veränderungen im ersteren bewirkt.

Eine andere Reihe von Kohlendunstvergiftungen findet beim unvorsichtigen Gebahren mit glühenden Kohlen in offenen Gefässen statt, am häufigsten beim künstlichen Austrocknen neuer Wohnungen mittelst grosser Eisenkörbe, in welchen Kohlenfeuer unterhalten wird. Da in der Regel mehrere solche Körbe aufgestellt sind, so ist die Menge des sich bildenden Kohlenoxyds eine sehr bedeutende und der Aufenthalt in solchen Räumen besonders gefährlich. Trotzdem kommen fast jedes Jahr Fälle vor, in welchen ein oder mehrere Personen solche Räume zum Schlafen wählen und dann durch Kohlendunstvergiftung umkommen.

Auch die häufig geübte Unterhaltung von glühenden Kohlen in offenen Becken behufs Erwärmung eines kleinen Raumes oder der Hände und Füsse, eine Heizmethode, die bekanntlich in Italien allgemein üblich ist und dort in den classischen Kupferbecken (scaldini) geschieht, die bei unseren armen Leuten und bei Personen, welche im Freien oder in Buden etc. sitzen, durch Geschirre der verschiedensten Art ersetzt werden, kann, wenn nicht für genügenden Luftzutritt gesorgt ist, zu schweren und selbst tödtlichen Vergiftungen führen. So habe ich vor einigen Jahren drei Lehrjungen obducirt, welche dadurch ums Leben kamen, dass ihnen ihr Meister, um die kleine, sonst nicht heizbare Dachkammer, in welcher sie schliefen,

zu erwärmen, einen grossen Topf voll glühender Kohlen hineingestellt hatte.

Dass die gegenwärtig sehr verbreiteten Bügeleisen, welche mit glühenden Kohlen gefüllt sind, denjenigen, welche mit ihnen anhaltend arbeiten, Kopfschmerzen verursachen, ist bekannt. Diese rühren eben von dem sich entwickelnden Kohlendunst her, und es ist daher bei der Gebahrung mit diesen, besonders in kleinen und geschlossenen Räumen, jedenfalls Vorsicht angezeigt.

Auch im Leuchtgas ist das Kohlenoxyd das giftige Princip. Das aus Steinkohlen bereitete Gas enthält etwa 5—6 Percent davon, das Holzkohlengas jedoch bedeutend mehr, bis 40 Procent.

Die Zahl der bereits vorgekommenen Leuchtgasvergiftungen ist eine sehr grosse, und in den meisten Fällen handelt es sich um Vergiftung mehrerer und mitunter zahlreicher Personen. Ich selbst hatte ein Gutachten über eine Leuchtgasvergiftung abzugeben, welche neunzehn in einer Kellerwohnung schlafende Arbeiter gleichzeitig getroffen hatte und die bei acht tödtlich verlief.

Die zufällige Leuchtgasvergiftung erfolgt nur selten dadurch, dass in dem betreffenden Raume das Gas aus der Leitung ausströmte. In einem Falle war der leicht bewegliche Gashahn durch Verschieben eines Vorhanges unbemerkt geöffnet worden, in einem zweiten Falle hatte sich der an einer Lampe zugedrehte Kautschukschlauch von dem Ansatzstück in der Wand

abgestreift, in einem dritten war in einem sogenannten Gasofen, bei plötzlicher Erniedrigung des Gasometerdruckes, die wahrscheinlich stark zurückgedrehte Gasflamme wie man sagt „zurückgeschlagen“ und erloschen, und in mehreren anderen Fällen war die Ausströmung aus Undichten in der Zimmerleitung erfolgt, von welchen insbesondere solche bemerkenswerth sind, wo die Undichte durch Beschädigung eines in der Wand verlaufenden Rohres durch eingeschlagene Nägel veranlasst wurde.

In sehr vielen und vielleicht den meisten Fällen befand sich die Quelle der Gasausströmung gar nicht innerhalb des betreffenden Wohnraumes, sondern ausserhalb desselben, zum Beispiel im Souterrain oder auf der Gasse und sogar mitunter ziemlich weit von dem betreffenden Hause entfernt, und das aus dem Rohrbruch oder anderen Undichten eines grösseren Leitungsrohres ausströmende Gas hatte in dem Erdreich, insbesondere entlang der Leitung, sich seinen Weg gesucht und war so in die betreffenden Räume gelangt. Dies geschieht namentlich dann, wenn das Gas wegen des dichten Strassenpflasters oder wegen geringer Durchlässigkeit der oberhalb der Leitungsrohre lagernden Erdschichten, zum Beispiel wenn der Boden gefroren war, nicht ohne Weiteres nach aufwärts entweichen konnte. Daher ist es begreiflich, warum solche Fälle vorzugsweise im Winter sich ereignen.

Bekanntlich verrathen sich schon kleine Mengen von Gas durch den eigenthümlichen Geruch, daher

muss es auffallen, dass in vielen Fällen die Ansammlung von Gas in dem betreffenden Wohnraum nicht rechtzeitig erkannt wurde.

Dies erklärt sich allerdings in vielen Fällen daraus, dass die Einströmung in der Nacht, während die Betreffenden schliefen, geschah.

In anderen Fällen aber wurde der Geruch falsch gedeutet, so zum Beispiel für Abortsgeruch oder, was wegen Aehnlichkeit der Gerüche am ehesten vorkommen kann, für Carbolsäure- oder Theergeruch gehalten, und es ist möglich, dass gelegenheitlich der Gasgeruch durch einen anderen, noch intensiveren, gedeckt werden kann. Von grösster Wichtigkeit ist aber die Thatsache, dass das Leuchtgas beim Durchdringen durch mächtigere Erdschichten den charakteristischen Geruch verliert, indem, wie namentlich Versuche von Biefel und Poleck gezeigt haben, die Erde nicht blos einen grossen Theil der Kohlenwasserstoffe, sondern auch die im Gase befindlichen riechenden Theerbestandtheile absorbirt.

Dies ist ein Umstand, der die unterirdischen Gasausströmungen besonders gefährlich macht und daher zur besonderen Vorsicht bei der Legung der betreffenden Leitungen und zur intensiven Ueberwachung der Dichtigkeit derselben auffordert.

Aus allem bisher Gesagten ergibt sich, dass auch im Haushalte eine Vergiftung leichter erfolgen kann, als man gewöhnlich ahnt, und dass daher sich Indolenz und Vertrauensseligkeit in dieser Beziehung mit-

unter in empfindlicher, ja schrecklicher Weise rächen kann.

Man ist leicht geneigt, sich in dieser Richtung auf die Sanitätspolizei und behördliche Ueberwachung überhaupt zu verlassen, und es ist richtig, dass die Massnahmen zur Verhütung der besprochenen Unglücksfälle eine der Hauptaufgaben der Sanitäts- und anderer Behörden bildet. Auch muss man zugestehen, dass in gut verwalteten Städten, speciell hier in Wien, in dieser Beziehung sehr rigoros vorgegangen wird. Aber es ist leicht einzusehen, dass selbst die beste Polizei nicht Alles leisten kann, und dass speciell im Haushalte des Einzelnen die polizeiliche Ueberwachung nicht über gewisse Grenzen gehen darf, wenn sie nicht eine Belästigung und Beschränkung der persönlichen Freiheit werden soll.

Hier hat jeder Erwachsene, insbesondere der Leiter oder die Leiterin des Haushaltes oder eines seiner Theile die Aufgabe und die Pflicht, die Augen offen zu halten und dafür zu sorgen, dass wenigstens grobe Fehler und Nachlässigkeiten nicht geschehen, und er ist auch vor dem Gesetze dafür verantwortlich, wenn ein Unglück geschieht, das durch gewöhnliche Vorsicht hätte verhütet werden können.

Man darf auch nicht vergessen, dass in dem Masse, als die Cultur fortschreitet, die Zahl und Verbreitung giftiger oder sonst gesundheitsgefährlicher Agentien sich stetig vermehrt, und dass fortwährend neue Gefahren auftauchen, von denen sich unsere Voreltern

nichts haben träumen lassen. Diese Agentien wegen ihrer Gefährlichkeit vom Verkehr und von allgemeiner Anwendung auszuschliessen, geht nicht an, denn auf diesen beruht zum grossen Theile nicht blos der industrielle Aufschwung, sondern auch der Comfort und eine Menge von Annehmlichkeiten, die uns immer unentbehrlicher werden, je mehr sie sich als praktisch vortheilhaft erweisen.

Zur Zeit unserer Urgrosseltern war der Phosphor, der jetzt in Gestalt von Zündhölzchen in jeder Küche zu finden ist, nur in den chemischen Laboratorien bekannt, und noch im Jahre 1730 kosteten 30 Gramm Phosphor 10—16 Ducaten; sie wussten nichts von Gasbeleuchtung und Gasheizung, die jährlich einer beträchtlichen Zahl von Menschen das Leben kosten, und sie hatten keine Ahnung davon, dass einmal auch die Elektricität zu Beleuchtungszwecken verwendet werden wird, die sich auch nicht als ganz ungefährlich erweist, da bereits mehrere Fälle vorgekommen sind, dass Menschen, die unter gewissen Umständen in die Leitungsdrähte geriethen, durch den elektrischen Strom getödtet wurden. Es wird aber Niemandem einfallen, der Gefahren wegen, die mit der Verbreitung der Phosphorzündhölzchen, des Leuchtgases und der Elektricität verbunden sind, die Schwefelfäden, Wachs- und Unschlittkerzen und die traurige Oelbeleuchtung zurückzuwünschen, auf welche unsere Voreltern angewiesen waren. Man könnte ebensogut verlangen, dass die Dampfmaschinen abgeschafft werden, weil durch sie

jährlich eine beträchtliche Zahl von Menschen verwundet oder ums Leben gebracht wird.

Dafür muss man von jedem intelligenten Menschen fordern, dass er sich über die sanitären Gefahren, die mit der Benützung gewisser Dinge verbunden sind, informire, damit er im Stande sei, auch innerhalb seines Wirkungskreises, insbesondere innerhalb seines Haushaltes, die Vorsichten zu beobachten, die zur Verhütung jener Gefahren nothwendig sind, und es soll mich freuen, wenn ich durch meinen kleinen Vortrag zu dieser Information beigetragen habe.

Ueber Petroleum.

Von

Dr. VICTOR UHLIG.

Vortrag, gehalten den 27. Jänner 1886.

(Mit einer Abbildung.)

Wenn ich heute den Versuch mache, Ihnen in knappen Zügen das Wissenswertheste über das Erdöl mitzutheilen, so geschieht dies nicht allein in der Erwägung, dass die genauere Kenntniss der nutzbaren Stoffe in unserer technisch so hoch entwickelten Zeit von der grössten Bedeutung ist, sondern auch deshalb, weil die Fragen, welche das Vorkommen, die Entstehung, Zusammensetzung und Verarbeitung des Erdöls betreffen, auch in rein wissenschaftlicher Hinsicht ein hohes Interesse beanspruchen. Wie das Auftreten des Erdöls in der Natur ein sehr eigenartiges ist, so waren auch die Verhältnisse ganz abnorm, unter welchen es in unser culturelles Leben eingegriffen hat. Obwohl dem Menschen schon seit langer Zeit bekannt, wurde es doch erst vor ungefähr fünfundzwanzig Jahren in den Kreis derjenigen Naturproducte einbezogen, die zum Zwecke cultureller Verwendung in grösserem Masse ausgebeutet werden. Einmal von Amerika aus auf den Weltmarkt geworfen, hat es denselben mit beispielloser Raschheit erobert und stand bald in allgemeiner Verwendung. Es war dies zunächst eine Folge der wirklich vorzüglichen Eigenschaften dieses Beleuchtungsstoffes, dann aber auch seiner grossen Billig-

keit. Diese selbst hatte wiederum ihren Grund in der erstaunlichen Ergiebigkeit, mit welcher einzelne Gebiete, vorab Pennsylvanien, dieses Product den ersten Exploiteuren darboten. Einige der Letzteren sammelten bei der Petroleumgewinnung in kurzer Zeit riesige Reichthümer an, und dies spornte eine Unzahl Menschen an, auch ihrerseits ihr Glück zu versuchen. Es entstand, namentlich in Nordamerika, ein wahres Petroleumfieber, nur dem californischen und australischen Goldfieber vergleichbar; es begann eine ungezügelte Länderspeculation, in nahezu unbewohnten, aber petroleumführenden Gebieten schossen über Nacht ganze Städte und Colonien auf, und gar viele Beispiele wurden bekannt von Leuten, die kaum mehr besassen als ihrer Hände Arbeit und doch in kurzer Zeit Millionäre wurden, aber vielleicht noch mehr von solchen, die mit grossen Capitalien begannen und bald als Bettler endeten. Die grossartigen Schwankungen in der Production bewirkten grosse Preisstürze, gegen die sich der bekannte Petroleumring bildete. Alle diese Verhältnisse werden vom Nationalökonomen und Culturhistoriker gewürdigt werden müssen; wir können sie hier unerörtert lassen, da wir an die Erdölfrage nur vom naturwissenschaftlichen Standpunkte aus herangehen wollen.

Wenn behauptet wurde, dass das Erdöl und der damit nahe verwandte Bergtheer dem Menschen schon seit langer Zeit bekannt ist, so liegen hiefür vielerlei Beweise vor. Schon die zahlreichen alten, auf das Erdöl

bezugnehmenden Ortsnamen, welche man fast in allen grösseren Erdölgebieten findet, weisen darauf hin. Aus dem Alterthume und dem Mittelalter liegen uns sogar historische Daten über die Verwendung von Erdöl vor, welches meist als Arznei und als Schmiermittel, nur selten als Brennmaterial ausgenutzt wurde. Das Erdöl von Agrigent und das der Insel Zante wurde von den Alten in Lampen gebrannt. Das Erdöl von Amiano diente im achtzehnten Jahrhundert eine Zeit lang in Genua sogar zur Strassenbeleuchtung. Das Erdöl von Tegernsee in Baiern galt unter dem Namen „St. Quirinusöl" als Arznei. Die Indianer in Nordamerika gewannen das Erdöl, welches nach dem Stamme der Seneca-Indianer „Senecaöl" genannt wurde, in eigenen Gruben und verwendeten es theils als Medicin, namentlich gegen Rheumatismus, theils auch zu Beleuchtungszwecken.

Eine eigentliche Petroleumindustrie erstand aber erst im Jahre 1859 in Pennsylvanien, nachdem es daselbst gelungen war, durch Tiefbohrung bedeutende Mengen von Erdöl dem Schoosse der Erde zu entreissen, und man gleichzeitig gelernt hatte, aus dem Rohöl durch Destillation ein brauchbares Brennmaterial herzustellen. In der Gestalt, in welcher uns die Natur das Petroleum darbietet, würden wir es nicht leicht verwenden können. Das Rohöl ist nämlich durch verschiedene Stoffe verunreinigt und überdies mit äusserst leicht entzündlichen Gasen und Verbindungen geschwängert, die erst durch den Destillationsprocess

entfernt werden müssen. Es hat meist eine tiefgrünliche oder bräunliche, selten gelbe oder helle Färbung, es fluorescirt lebhaft und entwickelt einen sehr durchdringenden Geruch. Die chemische Analyse hat ergeben, dass reines Petroleum nur aus zwei Stoffen, dem Kohlenstoff und dem Wasserstoff, besteht. Es ist jedoch keine einfache Verbindung, sondern stellt sich als ein Gemenge mehrerer Kohlenwasserstoffverbindungen dar, die verschiedene Dichte, verschiedenen Siedepunkt und verschiedene Entzündbarkeit besitzen. Wir finden in jedem Petroleum Kohlenwasserstoffverbindungen, die wenig dicht und leicht entzündlich sind, mit solchen gemischt, die dichter und schwerer entzündbar sind. Je nachdem in einem bestimmten Rohöle mehr die schweren, dichten oder die leichten Verbindungen vorherrschen, unterscheidet man im Allgemeinen sogenannte „schwere" und „leichte" Oele; die ersteren sind meist dunkel gefärbt und führen durch den halbflüssigen braunen Bergtheer zum Asphalt, während die Reihe der hellgefärbten leichten Oele in dampfförmige Glieder ausgeht.

Die Kohlenwasserstoffverbindungen des Erdöls sind meist nach der allgemeinen Formel $Cn\,H\,2n + 2$ gebaut:

		Specif. Gewicht	C	H	Siedepunkt
Pentylhydrür (Amylwasserstoff)	$C_5\ H_{12}$	0·64	83·3	16·7	30°
Hexylhydrür (Caproyl) . . .	$C_6\ H_{14}$	0·676	83·7	16·3	61°
Heptylhydrür (Oenanthyl) . . .	$C_7\ H_{16}$	0·701	84·0	16·0	90°
Oktylhydrür (Pelargyl)	$C_8\ H_{18}$	0·737	84·2	15·8	119°
Nonylhydrür	$C_9\ H_{20}$	0·756	84·4	15·6	150°

In manchen Erdölvorkommen sind die Kohlenwasserstoffe der Benzolreihe $C_n H_{2n-6}$ nachgewiesen worden, deren specifisches Gewicht ungefähr 0·86 beträgt.

			Siedepunkt	C	H
Benzol	C_6	H_6	82°	92·3	7·7
Toluol	C_7	H_8	111°	91·3	8·7
Xylol	C_8	H_{10}	139°	90·6	9·4
Cumol	C_9	H_{12}	148°	90·0	10·0
Cymol	C_{10}	H_{14}	175°	89·5	10·5

Auf mannigfaltige Weise verräth die Natur dem Menschen die Anwesenheit von Erdöl in der Erdrinde. In den Erdölrevieren treten an einzelnen Orten auf der Oberfläche von Wasserspiegeln kleine Ansammlungen von Oel hervor, welche sich durch irisirende Färbung und intensiv aromatischen Geruch leicht kenntlich machen. Zuweilen quillt das Erdöl, eine natürliche Quelle bildend, direct aus der Erde hervor, oder es finden statt dessen fortdauernde Ausströmungen von Kohlenwasserstoffgasen statt, welche angezündet brennen und die Erscheinung der sogenannten „ewigen Feuer“ bedingen. Die Oelmengen, die auf diese Weise zu Tage treten, sind äusserst gering, weil nur ein kleiner Theil der ölführenden Schichte hiebei sein Oel nach aussen abgeben kann. Um grössere Oelmengen zu erzielen, muss man die ölführende Schichte in grösseren Tiefen aufschliessen, da man sodann das auf grosse Flächen hin verbreitete Erdöl gewinnen kann. Es geschieht dies in der Praxis mittelst Schachtabteufung und Tiefbohrung. Unterzieht man das ölführende

Gestein einer näheren Untersuchung, so zeigt es sich, dass es niemals völlig dicht und lückenlos ist, es ist meist ein lockerer Sandstein oder Sand, ein Conglomerat oder ein zelliger Kalk, kurz ein Gestein, das zahllose innere Hohlräume enthält, die gänzlich mit Oel und Oelgasen erfüllt erscheinen. Derartige ölführende Schichten konnten sich, wie die Kohlen, zu allen Zeiten der Erdgeschichte und in den verschiedensten Gegenden gebildet haben, und wir finden demnach die Oelvorkommnisse in der That auf alle Formationen und auf alle Theile der Erde vertheilt, wenn auch nicht alle die gleiche wissenschaftliche und wirthschaftliche Bedeutung in Anspruch nehmen können. Den ersten Rang behaupten, trotz der in jüngster Zeit ziemlich mächtig aufkommenden kaukasischen Concurrenz, wohl noch immer die nordamerikanischen Oelreviere, und unter diesen wieder ist Pennsylvanien das wichtigste Productionsgebiet.

Die geologische Gestaltung von Pennsylvanien ist eine sehr einfache; es bildet einen Theil des grossen flachen Tafellandes von Nordamerika, welches hauptsächlich aus nahezu horizontal liegenden Schichten der Kohlen- und der Devonformation zusammengesetzt wird. Die letztere ist es ausschliesslich, welche das Erdöl in reichlicher Menge spendet. Als das älteste devonische Schichtsystem stellt sich die Corniferousgruppe dar, welche aus einem zelligen Kalkstein mit zahlreichen Korallenresten und Hornsteinen besteht. Auf diese folgt die Hamiltongruppe, zusammen-

gesetzt aus grauen und schwärzlichen bituminösen Schiefern, und dann die Chemunggruppe, die aus Schiefern, Schieferthonen, Sandsteinen und Conglomeraten gebildet wird. Die Chemunggruppe wird gewöhnlich von den schwarzen und braunen Schiefern des Subcarbon und dieses von der eigentlichen Steinkohlenformation mit Kohlenflötzen überlagert. Ein

P = Productive Steinkohlenformation mit Kohlenflötzen.
S = Subcarbon.
Ch = Chemunggruppe.
H = Hamiltongruppe.
Co = Corniferousgruppe.

Durchschnitt von Enniskillen in Canada nach SSO gegen Pittsburg in Pennsylvanien gibt nach H. Höfer das obenstehende schematische Bild, zu dem nur zu bemerken ist, dass das Einfallen der Schichten der Deutlichkeit wegen stark übertrieben wurde, in Wirklichkeit lagern die Schichten nahezu horizontal.

In den schwarzen Schiefern und Thonen der Chemunggruppe finden sich einzelne Lagen von Sandsteinen, Sanden und Conglomeraten eingeschaltet, welche die Beherberger des Oels bilden. Die Oelprodu-

centen nennen diese Lagen die Oelsande und pflegen in ihren Bohrlöchern oder Schachten gewöhnlich drei Horizonte von Oelsand oder Oelsandsteinen anzutreffen, den sogenannten ersten, zweiten und dritten Oelsand. Diese ölführenden Lagen halten jedoch nicht auf weite Strecken hin an, sondern keilen sich in einer gewissen Entfernung aus, doch setzen häufig wieder andere Oelsande von Neuem an, die für die früheren Ersatz bieten. Die Mächtigkeit der Formationen ist eine derartige, dass die Schächte und Bohrungen oft eine Tiefe von 400—600 Meter erreichen müssen, um die Oelsande anzutreffen. Ist die Bohrung in die Nähe eines Oelsandes vorgeschritten, so verräth sich dies häufig durch lebhaften, oft stürmischen Austritt von Oelgasen, die innerhalb des porösen Sandsteines und auf den Klüften desselben in hochgespanntem Zustand angesammelt sind. Sie sind es wohl auch, deren Druck nach Erreichung einer hinlänglich ölreichen Schichte das Ueberquellen des Oels über den Schachtkranz und die Bildung von Oelspringquellen verursacht. Eine der berühmtesten Springquellen war der intermittirende Lady Hunter-Well, 4 Kilometer von Petrolia City. Nach halbstündiger Ruhe liess sich aus der Tiefe des Bohrlochs Getöse vernehmen, dann stieg plötzlich ein grosser mächtiger Oelstrahl bis zu 3 Meter in die Höhe, in wenigen Minuten trat aber wieder Ruhe ein. In den ersten Tagen soll dieser Brunnen täglich 4770 Hektoliter Oel geliefert haben. In Fällen, wo der Druck zu gering ist, um ein Ueberquellen des Oels zu

verursachen, muss dasselbe durch Pumpwerke zu Tage gefördert werden.

Der Oelreichthum der einzelnen Brunnen ist ein sehr verschiedener. Während einige so übergrosse Oelmengen abgegeben haben, dass man Schwierigkeiten hatte, um den unterirdischen Segen zu bergen, boten andere nur spärliche Ausbeute, und sehr viele Brunnen blieben ganz unproductiv, da sie gar keinen Oelsand antrafen. So gross auch zuweilen die erbohrten Reichthümer waren, so hält die tägliche Ergiebigkeit der Oelbrunnen doch nicht lange in derselben Gleichmässigkeit an, sie wird bald geringer und erschöpft sich in der Regel schon nach zwei bis drei Jahren. Manche Bohrungen haben kein Oel, sondern nur Oelgase ergeben, welche zuweilen in grossen Mengen und merkwürdiger Weise oft durch viele Jahre mit nahezu gleichbleibender Stärke herausströmen und von den findigen Amerikanern zur Beleuchtung und Beheizung von Städten, als motorische Kraft bei verschiedenen Industrien und bei metallurgischen Processen in hervorragender Weise Verwendung finden.

Die räumliche Ausdehnung des pennsylvanischen Oelgebietes beträgt ungefähr 8064 Quadratkilometer, wovon aber nur der zehnte Theil als wirklich productiv betrachtet werden kann. Man unterscheidet zwei Hauptregionen, die obere, am Oil Creek gelegene, mit den Hauptorten Titusville, Oil City, Petroleumcentre, Tideout, Pleasantville, und eine untere am Alleghany mit den Hauptorten Petrolia und Lawrencebourg.

Unter ähnlichen geologischen Verhältnissen wie in Pennsylvanien tritt auch in Nord- und Südohio und Westvirginien Erdöl auf, und auch in Kentucky und Tenessee ist die Chemunggruppe durch Oelvorkommnisse ausgezeichnet. Ein ferneres Oelgebiet ist das von Canada, wo das Oel in den Kalken der Corniferousgruppe vorkommt, und das von Gaspè an der Mündung des Laurenzstromes in Nordcanada, welches dadurch bemerkenswerth ist, dass das Erdöl hier der ältesten fossilienführenden geologischen Formation, dem Silur, angehört. In neuerer Zeit ist auch Californien als ölproducirendes Gebiet aufgetreten.

Bietet uns Nordamerika Erdöl von sehr hohem geologischem Alter, so bilden die verschiedenen Oelgebiete Kaukasiens Beispiele von geologisch sehr jungen Oelvorkommnissen. Die Hauptmasse kaukasischen Oels wird im Gebiete von Baku, auf der Halbinsel Apscheron, am östlichen Ende des Kaukasus, gewonnen, doch dürfte in Zukunft auch das westkaukasische Oelterrain, das sich an die Oelgebiete der Halbinseln Kertsch und Taman anschliesst, zu wirthschaftlicher Bedeutung gelangen. Das Oelgebiet von Baku hat eine nur sehr geringe Ausdehnung, es umfasst in seinen beiden Revieren Balachane-Zapuntsche und Baibat einen Flächenraum von nur 8 Quadratkilometer, innerhalb dessen sind aber die flachgelagerten, jungtertiären Schichten, die den Boden zusammensetzen, mit Erdöl wahrhaft überreich durchtränkt. Das Tertiär besteht daselbst aus zwei Abtheilungen, einer

oberen, die aus den ölfreien fossilführenden Kalken der sogenannten Congerienstufe gebildet wird, und einer unteren, die aus Thonen, Sanden und schiefrigen Sandsteinen zusammengesetzt wird und den Oelreichthum beherbergt. Wo immer man in dieser unteren Abtheilung eine Bohrung anlegt, stösst man schon in der geringen Tiefe von ungefähr 40—50 Metern auf reichliche Mengen von Erdöl. Der unterirdische Gasdruck ist ein so starker, dass das Oel häufig während der ersten acht Tage in Form mehr oder minder mächtiger Fontainen herausgeschleudert wird. Eine derselben sprang unter einem gemessenen Drucke von zwölf Atmosphären über 40 Meter hoch.

Beim Springen einer Fontaine wird zuerst Sand mit Oel gemischt herausgeworfen, dann erst reines Oel. Von der Grösse des Oelreichthums Bakus gibt die Thatsache einen Begriff, dass Brunnen, die weniger als 1000 Pud (= 163 Metercentner) im Tage geben, als nicht productiv angesehen werden. Im Gebiete von Balachane-Zabuntsche befinden sich gegenwärtig ungefähr fünfhundert Brunnen, von denen etwa die Hälfte productiv ist. Die reichsten Oelmengen ergaben zehn Brunnen, die im Verlaufe von 2—3 Monaten je über 5,000.000 Pud (= 819.000 Metercentner) Rohöl lieferten. Man kennt gegenwärtig kein zweites Oelgebiet, wo auf so kleinem Raume eine so riesige Oelmenge aufgespeichert wäre, wie bei Baku.

Nur in einer Hinsicht steht Baku den meisten anderen Oelgebieten weit nach, nämlich in Bezug auf

die Qualität des Oels. Das dortige Rohöl enthält nämlich durchschnittlich nur etwa 23 Procent Leuchtöl, ist dagegen überreich an schweren Kohlenwasserstoffverbindungen und Paraffin; der Destillationsprocess ergibt daher Nebenproducte und Rückstände in so reichlicher Menge, dass die Verwerthung derselben grossen Schwierigkeiten begegnet.

An das Oelvorkommen von Baku sind mancherlei recht interessante Begleiterscheinungen geknüpft. An mehreren Punkten finden daselbst Gasausströmungen statt, von denen die zu Ssurachany früher die sogenannten heiligen Feuer speisten, zu denen ehemals grosse Schaaren indischer Feueranbeter wallfahrteten. Gegenwärtig werden diese Gasausströmungen, nach amerikanischem Muster, zur Erheizung der Raffineriekessel und zur Beleuchtung der Fabriksanlagen benützt. Eine andere merkwürdige Begleiterscheinung bilden die sogenannten Schlammvulcane oder besser Salsen, die namentlich bei Balachane auftreten. Es sind dies niedrige, kraterähnliche Schlammkegel, welche von Zeit zu Zeit Schlamm und Gesteinsstücke, vermengt mit salzigem Wasser und Erdöl, unter Ausströmungen von Kohlenwasserstoffgasen auswerfen. Man darf diese Erscheinung nicht mit der echt vulcanischen Thätigkeit der Erde in Zusammenhang bringen; die hohe Gasspannung der reichlich vorhandenen Kohlenwasserstoffgase bewirkt bei weicher, schlammiger Beschaffenheit der Schichten, dass an günstig gelegenen Orten bald dauernd, bald nur zeitweilig Schlamm und Ge-

steine in der beschriebenen Weise ausgeworfen werden. Auch auf Kertsch und Taman erscheinen derartige Salsen als Begleiter der Kohlenwasserstoffführung der dortigen Tertiärschichten.

Unter ganz ähnlichen Verhältnissen wie bei Baku erscheint das Erdöl in der Wallachei, am Südabhange der transsylvanischen Alpen, in den Districten Dembowitza, Prahova und Buzeu. Auch hier wird das Oel in den mürben Sandsteinen und Sanden der unteren Partie der Congerienschichten angetroffen, und zwar zuweilen in so beträchtlicher Menge, dass das rumänische Oel, namentlich für das benachbarte Oesterreich-Ungarn, eine beachtenswerthe wirthschaftliche Bedeutung erlangt hat. In der Moldau wird namentlich im Bezirke Bačau Oel gewonnen, das theils aus dem älteren Tertiär, theils aus dem miocänen Salzthon stammt.

Ein ferneres grosses Oelgebiet sind die Karpathen von Galizien, Oberungarn, Siebenbürgen und der Bukowina, mit der Moldau in directem Zusammenhange stehend. Die Karpathen bilden, der Hauptsache nach, ein einförmiges Kettengebirge, an dessen Zusammensetzung vorwiegend sandig-schiefrig-thonige Gesteine (Flysch, Karpathensandstein, auch Wiener Sandstein genannt) der Kreide- und der älteren Tertiärformation betheiligt sind. Sowohl gewisse cretacische Schichten (Ropiankaschichten), wie gewisse eocäne und oligocäne Glieder (die sogenannten oberen Hieroglyphenschichten, die bituminösen Fisch- und Menilitschiefer, die Cięzkovicer Sandsteine) und die miocänen Salzthone, welche

die Karpathen am Nordrande umsäumen, enthalten an vielen Punkten Erdöl, jedoch in Mengen, die den amerikanischen, kaukasischen und selbst den rumänischen mit wenigen Ausnahmen weit nachstehen. Während wir bei Baku enorme Oelmengen auf kleinem Raume angehäuft finden, erscheint der Oelreichthum in den Karpathen im Gegensatze hiezu auf eine weite Fläche vertheilt. Die Zahl der Oelfundpunkte ist eine grosse, die Productionsziffer trotzdem eine geringe.

Oligocäne Flyschschichten sind es auch, die das Quirinusöl von Tegernsee in Baiern beherbergen, und ein gleiches geologisches Alter besitzen die Oelvorkommnisse von Pechelbronn, Schwabweiler und Lobsann im Unterelsass. Tertiären Alters sind ferner die Oelvorkommnisse in den italienischen Provinzen Parma, Modena, Reggio und Chieti, welche durch ihre Verbindung mit Salsen, Kohlenwasserstoff-Ausströmungen und Salzquellen Interesse erregen. Die Oelvorkommnisse von Hannover und Braunschweig dürften zum Theile dem cretacischen Wälderthon angehören.

Von aussereuropäischen Oelvorkommnissen seien ausser den bereits besprochenen noch folgende genannt. Ostasien besitzt im Pendchab, in Birma und in Japan ausgedehnte und theilweise auch seit langer Zeit, wenn auch nicht sehr intensiv ausgebeutete (Rangoonöl Birmas) Oelfelder, Südamerika in den Provinzen Jujuy und Mendoza in der argentinischen Republik. Auch Neuseeland erfreut sich eines nicht unbedeutenden Oelvorkommens.

An das Erdöl schliesst sich der Asphalt und das Erdwachs so enge an, dass es naturgemäss erscheint, auch über das Auftreten dieser Producte Einiges zu erwähnen. Seit alter, biblischer Zeit ist das Vorkommen von Asphalt (Judenpech, Erdpech) am Todten Meere bekannt. Auf der Insel Trinidad an der Küste Südamerikas besteht ein in Tertiärschichten eingesenkter See von 2 Kilometer Durchmesser, der mit einer ziemlich festen Asphaltkruste überzogen ist. Von europäischen Vorkommnissen ist am wichtigsten das im Val Travers bei Neufchâtel, wo der Asphalt den dichten Kalk des Urgoniens (untere Kreideformation) durchzieht. Viel seltener als das Erdöl und der Asphalt ist das Erdwachs (Ozokerit). Dieses bildet einen dichten, wachsartigen, gelbbraun bis hyazinthroth gefärbten Körper, welcher aus ungefähr 84 Percent Kohlenstoff und 16 Percent Wasserstoff zusammengesetzt ist. Auch der Ozokerit ist ein Gemenge mehrerer Kohlenwasserstoffverbindungen (nach der Formel CH2), welche zwischen 56 und 82 Grad schmelzen. Zuerst von Slanik in der Moldau bekannt geworden, findet er sich hauptsächlich in der miocänen Salzformation am Nordfusse der Karpathen, in Boryslaw und Truskawiec (Ostgalizien). Die Localität Boryslaw ist die einzige, wo das sehr werthvolle Erdwachs in grösseren Mengen gefördert wird. Es kommt daselbst nur auf einem Flächenraum von ungefähr 150 Jochen vor, auf welchem nicht weniger als 12.000 Schächte angelegt wurden. Das Erdwachs bildet zum Theile regelmässige Schichten,

zum Theile erfüllt es die Klüfte im Gestein, in welche es als weicher Körper durch den Gebirgsdruck hineingepresst wurde. Gegenwärtig hat die Erdwachsproduction in Boryslaw in Folge des überstürzten, fieberhaften Raubbaues den Höhepunkt bereits überschritten.

Die Frage nach der Entstehung des Erdöls wurde von verschiedenen Forschern verschieden beantwortet. Indessen sind die Ansichten doch schon so weit geklärt, um eine derselben als die wahrscheinlichste und am meisten befriedigende betrachten zu können. Es ist dies jene Anschauung, welche im Erdöl und in den ihm verwandten Körpern ein natürliches Umwandlungsproduct ehemaliger organischer Substanzen erblickt. Wie es im Laboratorium gelingt, aus organischen Substanzen durch trockene Destillation leichte wie schwere Kohlenwasserstoffe herzustellen, so konnte auch die Natur im Verlaufe grosser Zeiträume diesen Process durchführen. Die zahlreichen bituminösen Schiefer, die man überall, in allen Formationen, vorfindet, wurden ehemals an einzelnen Orten zur fabriksmässigen Darstellung von Steinöl und Paraffin ausgenützt, wie die Liasschiefer in Schwaben und im Banat. Das Bitumen dieser Schiefer wurde von jeher mit den in diesen Schiefern enthaltenen Thierresten in ursächlichen Zusammenhang gebracht. An einzelnen Stellen der Erdrinde können wir noch heute die Bildung von Erdöl aus Organismen verfolgen, wie dies die Beobachtungen von O. Fraas an der Küste des Rothen Meeres gezeigt haben. Im Korallenriff der Djebel-Zeit bei el-Tor be-

finden sich kleine Petroleumgruben in Form kleiner Löcher, die in das Riff wenige Schritte vom Ufer entfernt gegraben werden, so dass darin das Seewasser im Niveau des Meeresspiegels steht. Auf dem Wasser, aus dem sich widerliche Gase entwickeln, sammelt sich eine grünlichbraune, irisirende Flüssigkeit an, welche ganz augenscheinlich aus dem Korallenriff quillt. Nach Fraas kann kein Zweifel bestehen, dass das Petroleum hier seine Herkunft der Zersetzung der zahllosen Meeresorganismen verdankt, die die Lagune beleben. Das in allen Erdölgebieten beobachtete Zusammenvorkommen von Petroleum mit Salzwasser und Schwefel, und umgekehrt die Einschlüsse von Kohlenwasserstoffverbindungen in Salz (Knistersalz von Wieliczka) unterstützt die Annahme einer derartigen Entstehung des Erdöls.

So klar sich die Lehre von der organischen Herkunft des Erdöls in den allgemeinsten Zügen auch darstellt, so sind doch manche Verhältnisse auf Grund derselben schwer erklärbar, so die massenhafte Anhäufung von Oel in gewissen, räumlich beschränkten Gebieten, wie bei Baku, und dies noch dazu in Schichten, die selbst keine Spuren ehemaligen organischen Lebens erkennen lassen. Man hat für diese Fälle angenommen, dass die Schichten, in denen sich das Oel gegenwärtig vorfindet, nicht dieselben zu sein brauchen, in denen es sich ursprünglich gebildet hat. Man kann sich vorstellen, dass das Erdöl als leicht beweglicher Körper seine Lagerstätte innerhalb der geschichteten Erdrinde

geändert habe, indem es von porösen Sanden und Sandsteinen aufgesaugt wurde, welche mit dem ursprünglichen Oellager in Berührung standen und dann nur gewissermassen Petroleumrecipienten vorstellen. Indessen räumt auch diese Vorstellung nicht alle Schwierigkeiten hinweg. So bleibt es begreiflich, dass auch andere Hypothesen aufgestellt wurden, so namentlich solche, welche das Erdöl durch Ausströmung aus grossen Tiefen herleiten, wo es sich unter gewissen chemischen Voraussetzungen gebildet haben soll. Wie schon erwähnt, sind diese Annahmen noch viel weniger befriedigend, viel mehr hypothetisch, und wir können daher hier nicht näher darauf eingehen.

Da man demnach an der organischen Herkunft der Kohlenwasserstoffe festhalten muss, so wäre noch die Frage zu erörtern, ob man pflanzliche oder thierische Organismen als die ursprünglichen Bildner derselben zu betrachten habe. Würde das Erdöl seine Entstehung dem Pflanzenreiche verdanken, dann müssten wir es häufiger in Begleitung von Kohlenflötzen antreffen. Dies ist aber nur ganz ausnahmsweise der Fall, dagegen enthalten die Kohlenflötze häufig Einschlüsse harz- oder wachsartiger Natur. Man wird demnach für das Erdöl, den Asphalt und das in sedimentären Schichten so verbreitete Bitumen zunächst an thierische Herkunft zu denken haben, während für das Erdwachs, das mit der wachshaltigen Braunkohle, dem Pyropissit so nahe verwandt ist, die Annahme vegetabilen Ursprungs mehr Wahrscheinlichkeit besitzt.

Wie schon oben hervorgehoben wurde, muss das Rohöl, bevor es zu Beleuchtungszwecken Verwendung finden kann, einen Destillationsprocess durchmachen, der fast gleichzeitig von Silliman in Nordamerika und Lukasiewicz in Galizien zuerst in Anwendung gebracht wurde. Die Destillation wird in eisernen Kesseln vorgenommen, welche mit schlangenförmig gewundenen Kühlröhren verbunden sind. Die ersteren nehmen das Rohöl auf, durch Erhitzung entfernen sich gewisse Verbindungen als Gase, werden im Schlangenrohre gekühlt und in flüssiger Form niedergeschlagen. Der Destillationsprocess ist ein mehrfach unterbrochener (fractionirter), da vier Gruppen von Producten die Destillationsblase in bestimmter Reihenfolge verlassen. In neuerer Zeit hat man den Destillationsprocess in der Art verbessert, dass verschiedene Gruppen von Destillationsproducten den Kessel fast gleichzeitig auf verschiedenen Wegen verlassen können. Zuerst entfernen sich aus der Destillationsblase naturgemäss die leicht entzündlichen, flüchtigen, specifisch leichten Verbindungen, die man als Essenzen zusammenzufassen pflegt. Es sind dies hauptsächlich das Keroselen (auch Petroleumäther, Ligroin, Gazolin genannt) und das Benzin. Das Keroselen hat das specifische Gewicht von 0·65—0·7 und siedet bei 40 Grad, während das Benzin erst zwischen 100 und 200 Grad siedet und ein specifisches Gewicht von 0·7—0·74 besitzt. Beide verdunsten in der freien Luft sehr rasch und zeichnen sich dadurch aus, dass sie Fette und Oele sehr rasch lösen

und ausziehen, daher die Verwendung des Benzins als Fleckwasser.

Die zweite Gruppe von Destillationsproducten, die erst später ausfallen, bilden die eigentlichen Brennöle, Photogen, Kerosen, raffinirtes Petroleum. Auch das letztere ist noch ein Gemenge verschiedener Kohlenwasserstoffverbindungen, deren specifisches Gewicht zwischen 0·76 und 0·86, deren Siedepunkt zwischen 200 und 300 Grad schwankt.

Die dritte Gruppe bilden die sogenannten Solar- und Schmieröle mit dem specifischen Gewichte von 0·8—0·93. Das letztere wird mit Vortheil zum Schmieren von Maschinentheilen verwendet. Bei der weiteren Fortsetzung des Destillationsprocesses erhält man zunächst sehr paraffinreiches Oel und endlich das weisse, flockige Paraffin in fester Form. Der asphalt- oder theerartige Rückstand, der nun noch in der Destillationsblase zurückbleibt, wird häufig selbstständiger, fabriksmässiger Behandlung unterzogen, deren letztes Endproduct Koks bildet.

Dies in Kurzem der Gang des Destillationsprocesses. Die dabei ausfallenden einzelnen Producte sind jedoch noch viel mannigfaltiger als die hier genannten und ermöglichen die Herstellung zahlreicher verwandter Fabricate. Das gewonnene Brennöl wird nach Beendigung der Destillation mit Schwefelsäure gemischt, um noch vorhandene fremde mineralische Bestandtheile zu zerstören, und schliesslich im Sonnenlichte gebleicht. Nur solches Petroleum, das bis auf 40 Grad

Celsius erhitzt keine brennbaren Dämpfe ausstösst, kann als Brennöl ohne Gefahr in Verwendung kommen. Um festzustellen, mit wie viel Grad ein bestimmtes Fabricat feuersicher ist, bedient man sich mehrerer einfacher Instrumente.

Das Erdwachs liefert bei der Destillation hauptsächlich Paraffin und Cerisin, in viel geringerer Menge gibt es mineralische Oele, wie sie auch bei Destillation von Erdöl gewonnen werden. Der werthvollste Stoff unter den Destillationsproducten des Erdwachses ist das Cerisin, ein weisser, wachsartiger Körper, der das Bienenwachs in allen seinen Verwendungsarten vollkommen ersetzt.

Welch' hohe Bedeutung die Kohlenwasserstoffe für den Menschen besitzen, ergibt sich am besten aus den Productionsziffern, von denen ich einige zum Schlusse mittheilen will. Die höchste Productionsziffer weisen die Staaten Pennsylvanien und Newyork auf. Die Erzeugung begann im Jahre 1859 am Oil Creek in Pennsylvanien mit 2000 Barrels, stieg schon im nächstfolgenden Jahre auf 200.000 Barrels und betrug im dritten Jahre (1861) 2,110.000 Barrels. Von da an fand ein allmäliges Steigen der Oelproduction statt, so dass im Jahre 1876 die Summe von 9,015.000 Barrels erreicht war. Von da ab hat die Erzeugung in verstärktem Masse zugenommen, so dass im Jahre 1882 bereits 30,460.000 Barrels gewonnen wurden. Seit 1882 macht sich in Pennsylvanien eine zwar sehr allmälige, aber stetige Abnahme der Erzeugung geltend. Die Gesammt-

menge des in den Staaten Pennsylvanien und Newyork in den Jahren 1859—1882 geförderten Oeles betrug 216,083.000 Barrels (nach J. F. Carll).

Im Gebiete von Baku hat die Oelproduction ein hohes Alter. Schon im Jahre 1832 wurden 2457 Metercentner gewonnen, und alljährlich war ein stetiges Steigen der Erzeugung zu verzeichnen, so dass sie im Jahre 1872, als die ersten Bohrlöcher angelegt wurden, 251.594 Metercentner betrug. Im Jahre 1881 wurden fast 5,000.000 Metercentner, im Jahre 1883 über 9,000.000 Metercentner erzeugt.

Gegen die enormen Oelmengen, welche von Pennsylvanien und selbst von Kaukasien producirt werden, bildet die Gewinnung anderer Länder fast verschwindende Grössen. So betrug beispielsweise die Production Galiziens im Jahre 1883 nur 185.852 Metercentner.

Das kaukasische Oel wird grösstentheils in Russland selbst verbraucht, in neuester Zeit beginnt es jedoch auch in Mitteleuropa festen Fuss zu fassen. Das pennsylvanische Oel dagegen wandert in die cultivirten Gegenden der ganzen Erde.

Beziehungen der Larvenformen der Thiere zur Abstammung.

Von

DR. FRIEDRICH BRAUER,
o. ö. Universitätsprofessor und corresp. Mitglied der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien.

Vortrag, gehalten den 3. März 1886.

Wenn wir auch heute noch nicht wissen, woher die verschiedenen Organismen auf der Erde gekommen und wie sie entstanden sein mögen, so können wir doch sagen, dass eine solche Frage insofern eine Berechtigung besitzt, als uns die Geologen lehren, dass es auf unserem Planeten Perioden gegeben habe, in denen kein organisches Leben möglich war. Wir können dann noch weiter fragen, was uns die Geologen und Paläontologen von den ersten Spuren pflanzlichen und thierischen Lebens berichten und woher es komme, dass diese, im Vergleiche mit den Pflanzen und Thieren der Jetztzeit, in der Regel auf ganz verschiedene Formen hindeuten. Von solchen Fragen gehört nur die letztere in den Kreis der Botanik und Zoologie, die ersteren aber fallen anderen naturwissenschaftlichen Disciplinen zu. Heute hält man daran fest, dass die Organismen nur wieder von ähnlichen Organismen abstammen, und kennt keinen sicheren Beleg dafür, dass aus Unorganischem sich Organisches entwickeln könne. Nichtsdestoweniger wäre man geneigt, mit Rücksicht auf die oben erwähnte Lehre über frühere Perioden auf unserer Erde, anzunehmen, dass es Zeiten und Verhältnisse

gegeben haben müsse, in welchen aus unorganischen Stoffen sich einfache Organismen bilden konnten, und „in dem Auftreten lebender Wesen (Claus, Du Bois-Reymond) im Grunde nur die Lösung eines schwierigen mechanischen Problems zu sehen, wenn nicht der Keim von Empfindung und Bewusstsein, von seelischen Vorgängen, die wir uns als ausschliessliches Resultat von Bewegungserscheinungen der Materie nicht vorzustellen vermögen, schon den einfachsten und primitivsten Organismen zugehörig gedacht werden müsse.“

Der berühmte Physiologe K. E. v. Baer gelangt an dieselbe Grenze in seinen Betrachtungen über den Instinct der Thiere. Er sagt: „Die Einsicht, die ihm (dem Instinct) zu Grunde zu liegen scheint, ist nicht die Einsicht der Thiere. Eine Arbeitsbiene handelt nicht aus Einsicht in die Naturverhältnisse, nicht mit Bewusstsein, um den Bienenstaat zu erhalten, obschon uns deren Fleiss täuschend daher entsprungen scheint. Es ist aber“, sagt v. Baer, „unmöglich, sich der Meinung hinzugeben, als handle die Biene mit Einsicht, da wir anderseits bei den menschenähnlichsten Affen, deren Hirn fast den Bau des menschlichen hat, noch so wenig Einsicht in die Naturverhältnisse oder so wenig Urtheil sehen, dass sie wohl an einem von Menschen angemachten Feuer sich wärmen, aber, wenn es ausgeht, davonlaufen und nicht darauf verfallen, neues Holz herbeizutragen.“ — Eine Arbeitsbiene würde, als ein Theil des Bienenstaates, für dessen Bestand dem-

gemäss nicht anders und ebenso zweckmässig und scheinbar mit selbstständiger Einsicht handeln, als in unserem eigenen Organismus ein dem Willen entzogenes Organ für den Bestand des Ganzen, wie etwa unser Magen, auf dessen Verdauung wir keinen Willenseinfluss üben können, oder unser Herz oder unsere Respirationsorgane.

Man vergleicht mit Vorliebe den Organismus mit einer Maschine, und es wird Niemand, der einige anatomische Kenntnisse besitzt, zum Beispiel den Muskelmechanismus etc. kennt, die Trefflichkeit des Vergleiches in Abrede stellen, wenn er nicht daran denkt, dass der Organismus sich selbst aufbaut, ausbessert und vervielfältigt und auch vervollkommnen kann.

v. Baer sagt: „Die materialistische Ansicht der Naturverhältnisse hat sich nur verbreiten können, weil man jetzt überwiegend mit den physikalischen und chemischen Verhältnissen der Natur sich beschäftigt." — „Als ob es sich nicht von selbst verstünde, dass der Stoffwechsel überall nur denselben Gesetzen gehorchen könnte — fängt man an, sich selbst nur für ein Product des Stoffes zu halten etc."

Geht es daher über die Grenzen des menschlichen Denkens hinaus, sich die Entstehung einer lebenden, empfindenden, mit Bewusstsein begabten Materie durch chemisch-physikalische Vorgänge vorzustellen, so haben wir in dieser Hinsicht auch von der vielleicht möglich werdenden künstlichen Darstellung der Eiweisssubstanzen allein nichts zu erwarten; denn auch das natür-

liche Eiweiss bedarf zur Belebung und Entwicklung in der Regel eines bestimmten Anstosses, oder muss diese Eigenschaft und Fähigkeit bereits ererbt haben, d. h. ein bestimmter Theil eines Lebendigen gewesen sein. Jedenfalls hat das Keimplasma eine ganz specifische Molecularstructur, die chemisch nicht erreicht werden kann, sondern vererbt wird (Weismann).

Die Lehre von der allmäligen Entwicklung der Organismen auf der Erde, den Beziehungen der höheren complicirteren Formen zu vorhergegangenen niederen, einfacheren Typen, von der Verschiedenheit der Pflanzen und Thiere in dieser Hinsicht in den aufeinanderfolgenden Erdperioden ist eine andere, als jene, welche sich mit dem Ursprunge der Organismen auf unserer Erde beschäftigt. Die verschiedenen Zeitfloren und -Faunen verhalten sich nicht anders als die des Raumes, nämlich die gleichzeitigen, nebeneinander lebenden Floren und Faunen unserer geographischen Regionen, und selbst diese sind in Bezug ihres Ursprunges ungleichen Alters. Ich erinnere an eine Schrift meines hochverehrten Lehrers Professor Unger, deren Titel lautete: „Neuholland in Europa.“ Die Zeit, in welcher in Europa neuholländische Pflanzengeschlechter und Beutelthiere wohnten, ist längst entschwunden, und die heutige autochthone Lebewelt Neuhollands ist, im Vergleiche mit der heutigen europäischen, eine weit ältere.

Es ist nicht nothwendig, auf den Ursprung der Organismen zurückzugehen, wenn wir die Beziehungen

der verschiedenen Thierformen zu einander untersuchen wollen, aber es ist nothwendig, festzustellen, dass die Zelle den einfachsten Organismus vorstellt, dass das niederste Thier nur aus einer Zelle besteht (Protozoa), und dass jedes höhere mehrzellige Thier (Metazoon) als Zelle beginnt, die von seinen Vorfahren gebildet wurde (Ei). Eine Zellbildung ausserhalb eines Organismus gibt es nicht. Das mehrzellige Thier bildet sich zunächst durch Theilung der ersteren Zelle, und zwar erfolgt diese Theilung aus physikalischen Gründen, weil bei dem Wachsen der Zelle das Verhältniss von Oberfläche und Inhalt derselben gestört wird und damit auch die Ernährungsprocesse derselben, insofern die Oberfläche für den Inhalt eine zu kleine würde. Jene versieht aber die Respiration, während dieser vorzugsweise die Verdauung vermittelt. Die fortschreitende Zellvermehrung führt nun ebenso nach physikalischen Gesetzen zu einer bestimmten Arbeitstheilung und Lagerung der Zellen, wie vordem im Protoplasma der einzelnen Zelle. Es ist vielleicht zu behaupten, dass diese Vorgänge der Entwicklung einer mehrzelligen Pflanze oder eines mehrzelligen Thieres sich stets in gleicher Weise vollziehen müssten, ob sie auf unserem Planeten oder einem anderen Himmelskörper, auf welchen ähnliche Verhältnisse sich zeigen, abliefen, weil die Zellvermehrung und deren Lagerung von physikalischen Gesetzen bedingt ist. Von diesem Gesichtspunkte aus haben ja einzelne populäre Schriftsteller Landschaften auf fremden Planeten gezeichnet und zum Bei-

spiele die Monde des Jupiters mit den baumartigen Farnen und Schachtelhalmen und den blüthenlosen Pflanzen der Steinkohlenperiode unserer Erde belebt.

Die niedersten selbstständigen Organismen sind einzellig, die höheren mehrzellig, und letztere entstehen aus einer Zelle, dem Ei; sie beginnen also in ihrer Entwicklung mit jener einfachsten Organisation oder als einfachster Organismus, auf welcher Stufe die niedersten Organismen zeitlebens verharren. Man schliesst daher im Sinne der Entwicklungslehre, dass die mehrzelligen Organismen und, wenn wir von Thieren sprechen, die Metazoen von einzelligen (Protozoen) abzuleiten seien, insoferne sie in ihrer Entwicklung alle diese Abtheilung abspiegeln. Die mehrzelligen Thiere zeigen nun eine bestimmte Lagerung oder Schichtung der Zellen oder Zellderivate (Gewebe), welche der Arbeitstheilung der letzteren entspringt und zunächst zur Bildung der zweischichtigen Blase oder eines solchen Sackes führt. So wie es Thiere gibt, die stets einzellig bleiben (Protozoen), so gibt es auch solche, die auf jener Stufe verbleiben. Dieser Bildung stehen die ausgebildeten Cölenteraten nahe, und in allen Kreisen des Thierreiches, oder besser der Metazoen, erscheint diese zweischichtige Blase (Gastrula) als Stufe der Eientwicklung oder als freilebende Entwicklungsform, als sogenannte Larve.

Mit der weiteren Arbeitstheilung ist die Bildung von Organen und Organsystemen verknüpft, die in Betreff ihrer Function entweder in einfacher oder mehr-

facher Zahl vorhanden sein können und in ihrer Lagerung von der verschiedenen Architektonik des Thierkörpers abhängig sind. Letzterer kann entweder nach dem radiären oder bilateralen Plane gebaut sein und dieser wieder nach dem der Würmer, Arthropoden, Mollusken und Wirbelthiere eine verschiedene Anordnung der Organsysteme zeigen. Auf dieser Höhe oder Stufe der Entwicklung angelangt, sehen wir nicht bei allen Metazoën die verschiedenen Pläne in ihrer Entwicklung sich wiederholen, wie vordem die Gastrula, sondern dieselben in bestimmter Richtung nach den Plänen oder Typen auseinanderweichen, oder nur noch eine kleine Strecke gleiche Phasen durchwandern.

Ohne dieses Bild, das uns bis zur Spaltung des allgemeinen Entwicklungsganges in mehrere Zweige geführt hat, weiter zu verfolgen, glaube ich doch angedeutet zu haben, dass die Entwicklungsstadien für jede Thierform, bis zu einer gewissen Grenze, den Nachweis liefern, welchem Formenkreise sie angehöre, indem sie Anfangs in ihrer Entwicklung mit jener aller Metazoen übereinstimmt, später aber nur jene Stadien durchläuft, welche dem höheren Formenkreise eigen sind, dem sie zunächst verwandt ist. Es ist gleichgiltig, ob diese Stadien im Ei durchlaufen werden oder ausserhalb des Eilebens, als sogenannte Larvenstadien. Beides sind Entwicklungsstadien. Haben wir vordem die Cölenteraten mit dem Gastrulastadium verglichen, so lassen sich alle Echinodermen (Stachelhäuter), Entero-

pneusten, Mollusken (Weichthiere), Molluscoiden und Würmer auf eine der Gastrula folgende und daraus hervorgehende Larve mit Wimpernschnüren oder Reifen, Trochosphäre (Wimpernscheibe) und Pilidium oder auf die Larve mit Wimpernsegel zurückführen (Metentera trochogenea), und wieder von einer besonderen Formengruppe dieser leiten sich die Gliederwürmer durch Metamerenbildung (Segmentbildung) hinter der Wimpernscheibe ab; damit sind die Beziehungen zu den Arthropoden gegeben. Im Kreise der letzteren erscheint für die Krebse das Nauplius-Stadium, für die Myriopoden und Insecten das Campodea-Stadium und dessen Beziehung zu den Onychophoren bedeutungsvoll. — Unter den Wirbelthieren leitet man die Frösche von den Kiemenmolchen und zuletzt die Classe der Amphibien von jener der Fische ab, weil in der Verwandlung des Frosches die Kaulquappe die Organisation eines Molches und Fisches besitzt, und endlich führt die Entwicklung aller Wirbelthiere auf die Mantelthiere (Tunicaten) zurück, deren Larve einen die Wirbelsäule vorbereitenden Knorpelstreifen besitzt (Chorda dorsalis), der in der Entwicklung der Wirbelthiere der Bildung der Wirbelsäule vorausgeht und zuweilen bleibend ist (Amphioxus). Es ist daher unumstösslich nothwendig zum Ergründen der systematischen Verwandtschaft der Thiere deren Entwicklung zu verfolgen. Den Schlüssen aber aus den thatsächlichen Erscheinungen auf die Verwandtschaft, stehen manche Hindernisse im Wege und nicht in jeder

Abtheilung des Thierreiches haben die Entwicklungsstadien eine gleiche Bedeutung, d. h. nicht stets sind die sichtbaren, in ihrer Organisation und Form eigenthümlichen Entwicklungs- und Jugendstadien der Thiere den oben gemeinten tiefer stehenden und vorhergegangenen Geschlechtern entsprechend und sofort für die Bestimmung der Verwandtschaft massgebend. Insofern jedes als Larve freiwerdendes Entwicklungsstadium den Verhältnissen der Aussenwelt gegenübertritt und von diesen beeinflusst wird, sich diesen anpassen muss, verändert es sich in bestimmten Richtungen, erhält eigenthümliche Anpassungscharaktere, wodurch es von dem ursprünglichen Entwicklungsstadium abweicht.

Daraus resultiren Larvenformen, welche niemals in der Entwicklungsgeschichte des Thierreiches als vollkommene Formen vertreten waren.

Fritz Müller hat nachzuweisen gesucht, dass „die Urgeschichte der Art in ihrer Entwicklungsgeschichte um so vollständiger erhalten sein wird, je länger die Reihe der Jugendzustände ist, die sie gleichmässigen Schrittes durchläuft, und um so treuer, je weniger sich die Lebensweise der Jungen von der der Alten entfernt und je weniger die Eigenthümlichkeiten der einzelnen Jugendzustände als selbstständig erworben (durch Anpassung an besondere Verhältnisse) sich auffassen lassen“. Formen, welche einer Veränderung fähig sind, werden diese erleiden und sich neuen Verhältnissen im Laufe der Zeiten anpassen, aus Kiemen-

molchen werden Erdmolche (Axolotl — Amblystoma), solche, welche dieses nicht können, werden aussterben und vom Erdball verschwinden.[1])

So hat die entwicklungsgeschichtliche Richtung in der Erforschung der Verwandtschaft eine Grenze, die nur mit Hilfe der anderen Forschungsrichtungen zu überschreiten ist. Aber auch die vergleichend anatomische Richtung führt oft nicht zum Ziele, weil scheinbar stammesgleiche (homologe) Organisationen und einzelne Organe in ganz entfernt stehenden systematischen Gruppen unabhängig von einander (heterophyletisch) zur Entstehung und Entwicklung kommen können, zum Beispiel die Tracheen der Spinnen, Crustaceen und Insecten, das Auge nach dem Principe der Camera obscura bei Mollusken und Wirbelthieren, das Facettenauge der Crustaceen, Myriopoden und Insecten. Es bleiben dann noch die zoobiographische und die vergleichend morphologische Richtung übrig, um die Verwandtschaft unvermittelter Typen zu ergründen. Und durch sie erweisen sich oft Formengruppen als nahestehend, obschon deren Organsysteme innerhalb derselben sehr vielen secundären und graduellen Schwankungen unterliegen (zum Beispiel das Nervensystem oder das Muskelsystem). Es müssen, kurz gesagt, viele Formen der zu vergleichenden Gruppen untersucht

---

[1]) Die Frösche auf Martinique und unser Alpensalamander haben ihre Verwandlung verloren und entwickeln sich direct.

werden, nicht, wie das früher meist geschah, eine einzige, leicht in Menge zu beschaffende Art jeder Gruppe, und das Resultat verallgemeinert werden.

Mit Rücksicht auf diese Hindernisse wird aber die Systematik dem wahren Entwicklungsvorgange der Thierformen immer näher treten und immer mehr einem Stammbaume gleichen, d. h. die Verwandtschaft in der Systematik wird aufhören eine metaphorische zu sein, und schliesslich werden alle Bestrebungen sich nur einem einzig richtigen Systeme nähern. Freilich sind wir heute noch nicht frei von der Ansicht, dass, ebenso wie einzelne Organe, auch scheinbar stammesgleiche Thiere und Thiergruppen heterophyletisch und mehrmals entstanden sein könnten.

Als wichtiger Beweis der wirklichen Abstammung der heute lebenden Thiergruppen von jenen früherer geologischer Perioden im Sinne der Darwin'schen Lehre sind die sogenannten Schalttypen Huxley's angeführt worden, welche Charaktere mehrerer jetzt unterschiedenen systematischen Gruppen in sich vereinigen und sich dadurch als ein Rest jener Formen erweisen, die vor der mehrfachen Spaltung der heute lebenden Classen oder Ordnungen diesen als Stammclasse etc. vorausgingen. Man findet solche Typen theils noch lebend und dann oft nur durch wenig Arten vertreten, eine eigene isolirte Classe oder Ordnung etc. bildend (Monotremen, Aplacentalia, Rhynchocephalidae, Schalttypen der Vögel — Reptilien — Säugethiere, Gigantostraca Schalttype von Crustaceen — Arachniden,

Dipnoi Schalttype von Amphibien — Fische, Leptocardia Schalttype von Tunicaten — Vertebraten, Placophora Schalttype von Würmer — Mollusken u. s. f.); oder nur mehr fossil: Labyrinthodonten oder Froschsaurier, Enaliosaurier (Plesiosaurus, Ichthyosaurus), Odontopteryx, Hesperornis, Ichthyornis, Archäopteryx (Reptilien, Fische, Vögel — Schalttypen), Pterodactylus (Reptilien — Vögel), Anoplotherien (Wiederkäuer, Dickhäuter, Schweine), Theriodonten (Reptilien mit Füssen und Zähnen der carnivoren Säugethiere).

Den wenigen fossilen Resten gegenüber, im Vergleiche zur Anzahl der gewiss vorhanden gewesenen Thierformen und zur Grösse der Erde, verhalten wir uns so, als ob wir nach wenigen Bildern aus einer Stadt (einzelnen Häusern), die durch mehr als zehntausendjährige Zeitabstände von einander getrennt aufgenommen wären, die Entwicklung dieser Stadt und ihr jeweiliges Aussehen erkennen sollten.

Thiere der verschiedensten Gestalt, welche aber trotzdem eine gemeinsame Jugendform besitzen, oder welche auf Jugendformen (Embryonen, Larven oder Wachsthumsstadien) zurückzuführen sind, die bestimmte von gleichen Vorfahren ererbte Charaktere miteinander gemeinsam haben, sind miteinander verwandt und bilden zusammen eine bestimmte systematische Kategorie, je nach dem Werthe der ihnen gemeinsamen Jugendform oder Entwicklungsstufe.

Es folgt hieraus, dass mit dem Namen Larve oder Jugendform sehr ungleichwerthige Wesen verstanden

werden, und dass diese für die Systematik einen ganz verschiedenen Werth haben, je nach dem Range der Kategorien, denen eine bestimmte Larven- oder Jugendform gemeinsam ist. So ist die Gastrula allen Metazoentypen (vielzelligen Thieren) in ihrer Entwicklung gemeinsam, als freilebendes Stadium den Cölenteraten, Echinodermen, Würmern, Tunicaten und selbst bei einem Wirbelthiere (Amphioxus) vorhanden; der Nauplius kommt nur der Classe der Crustaceen zu, die Larve mit Wimpernschnüren findet sich bei den Typen der Echinodermen, Enteropneusten, Würmer und Placophoren, die Larve mit Wimpernsegel bei Mollusken, die Loven-sche Larve bei Gliederwürmern, die Larve mit Chorda dorsalis bei den Typen der Tunicaten und Vertebraten.

Andere Larvenformen sind nur gewissen Familien (viele der Insecten) und wieder andere nur manchen Arten eigen (Salamandra, Anura). Die Ursache hievon ist zweierlei Art. Erstens wird die Entwicklung sehr häufig abgekürzt und die Form entwickelt sich auf kürzerem Wege, die Larvenstadien werden zusammengezogen und in das Ei verlegt, und zweitens verschwindet die Verwandlung gänzlich als ursprüngliche, oder es entsteht secundär eine sogenannte erworbene Verwandlung (Fritz Müller).

Verschwindet eine ursprüngliche Verwandlung bei einem Thiere, deren Verwandte eine solche besitzen, und kommen aus den Eiern schon Junge, welche, ausser in der Grösse, in allen wesentlichen Stücken dem Mutterthiere gleichen, wie zum Beispiel bei Pipa und

dem auf Martinique lebenden Laubfrosche *(Hylodes martinicensis),* sowie beim Alpensalamander, so ist der Beweis für den einstmaligen Bestand einer Verwandlung darin gegeben, weil alle diese Formen die sonst frei vorkommenden Stadien der Kaulquappe oder der Kiemenmolche hier in besonderen Bruträumen am Mutterthiere oder überhaupt im Ei durchmachen und gewisse Organe, obschon sie dieselben gar nicht benöthigen, z. B. den Ruderschwanz, dennoch entwickelt haben, und weil es sogar, nach Fräulein von Chauvin, gelingt, manche dieser Larven wieder zu zwingen ein freies Leben zu führen und zu ihrer freien Verwandlung zurückzukehren, die sie nur durch besondere Verhältnisse verloren haben; zum Beispiel der Alpensalamander oder der Laubfrosch von Martinique durch die Bodenbeschaffenheit dieser Insel, die keine Wassertümpel erlaubt.

Anders verhält es sich mit der erworbenen Verwandlung. Bei dieser muss man annehmen, dass sie sich aus der directen Entwicklung herausgebildet hat. Das neugeborene Junge war Anfangs dem erwachsenen Thiere ähnlich und ohne provisorische Organe, wie zum Beispiel bei den Thysanuren, den Blattiden, den Forficuliden, den Heuschrecken, und unterschied sich bei den letzteren durch Mangel der Flügel, welche nur dem reifen Thiere zukommen, also nicht weiter als etwa ein Rind- oder Hirschkalb vom erwachsenen Rinde oder Hirschen. Denn ebenso wie bei letzteren die Hörner und Geweihe zuweilen nur einem Geschlechte zukommen, finden sich die Flügel der Insecten sehr häufig nur

beim Männchen (viele Lepidopteren und Dipteren, Coleopteren u. A.) oder nur beim Weibchen (Plecopteren, Hymenopteren). Durch Anpassung an besondere Verhältnisse haben die Jugendformen gleichsam entweder eine Art rückschreitende Verwandlung erlitten, gewisse Organe — Beine, Kiefer — sind rückgebildet oder besonders umgebildet und nebstdem eine Anzahl provisorische Organe ausgebildet worden (Tracheenkiemen etc.).

Nach Fritz Müller waren die Stammeltern unserer heutigen Insecten nicht etwa so tiefstehende Maden oder Raupen, wie es die Jugendformen der Fliegen, Schmetterlinge und vieler Käfer sind, sondern weit höher stehende, mit Gliedmassen versehene Thiere, nach Art der Thysanuren, jungen Blatten und Schricken. Es verhält sich hier die Verwandlung ganz anders wie bei den Fröschen und den anderen genannten Thieren. Denn der Frosch glich Anfangs mehr einem Fische, dann einem Kiemenmolch, dann erst wurde er zum Frosche. Er wiederholt die Entwicklung der Classe. Als Beweis für die Ansicht Fritz Müller's, dass die ursprünglichen Jugendformen der Insecten sechs entwickelte Beine hatten und die Madenformen durch die Lebensweise entstanden, haben wir die Verwandlung der Meloëiden unter den Käfern, der Mantispa unter den Netzflüglern anzuführen, deren Jugendformen mit sechs entwickelten Beinen das Ei verlassen und in der Organisation dem reifen Thiere näher stehen als in den späteren, zwischen diesen bei-

den folgenden Stadien, in welchen diese Larven, in Folge stationärer Lebensweise — in einer Zelle einer solitären Biene, oder im Spinneneisack — ihre Gliedmassen verlieren. Es ist in die directe Entwicklung eine erworbene rückschreitende Metamorphose eingeschaltet, die sich zunächst auf die äusseren Organe der sogenannten Larve bezieht, während im Innern die eigentliche Entwicklung neben dem Wachsthume der rückgebildeten Larve allmälig fortschreitet. Dadurch sehen wir bei einer Schmetterlingsraupe äusserlich keine weitere Entwicklung, nur ein Wachsen und Häuten, während eine Quappe oder Nauplius mit jeder Stunde und jedem Tage der Gestalt des Mutterthieres ähnlicher wird. Aber das Insect kommt stets schon als Insect aus dem Ei und nicht auf der Stufe tiefer stehender Classen. Damit wurde auch eine frühere Anschauung gänzlich als unrichtig hingestellt, nach welcher, bei den Insecten mit unvollkommener Verwandlung (zum Beispiel Heuschrecken), das einer Raupe oder Made entsprechende Stadium im Ei ablaufen sollte; denn die Entwicklung der Heuschrecken ist eine directe und ursprüngliche, und die Vorfahren derselben waren niemals Maden. Nur mit Rücksicht auf eine Theilung der Classe der Insecten in Synaptera und Pterygogenea (ursprünglich Flügellose und Geflügelte) kann man erstere (Thysanura) als deren Stammclasse ansehen, insoferne nämlich die neugeborenen Insecten niemals Flügel oder deren Ansätze zeigen und dieselben auch während des Eilebens nicht

angelegt werden. Bei Insecten mit directer Entwicklung treten die Spuren der Flügelanlagen oft erst mit dem neunten Häutungsstadium (Ephemeriden) auf, bis zu diesem gleicht das junge Thier fast einer Thysanure (Campodea), und zwar noch mehr bis zum dritten Häutungsstadium, in welchem schon die Tracheenkiemen erscheinen. In dieser Hinsicht können wir daher auch bei Insecten von einem Abspiegeln tiefer stehender, den Thysanuren ähnlichen Formen während ihrer Entwicklung sprechen, die jedoch von den Maden und Raupen sehr verschieden und weit höher organisirt sind. Es ist nicht uninteressant, hervorzuheben, dass die den Insectenlarven ähnlichen Thysanuren Bauchgliedmassen zeigen, die auch oft bei Insectenlarven vorkommen und auch in der Eientwicklung vieler Insecten angelegt werden und später wieder verschwinden.

Da nun die in die Entwicklung eingeschobene erworbene Verwandlung durch Anpassung an besondere Verhältnisse entstand, so lag die Ansicht nahe, dass solche für jeden besonderen Fall entstandene Larvenformen für die Systematik, respective die Verwandtschaftsbestimmung werthlos seien, und man hat daher, aber mit Unrecht, die erworbenen Insectenlarven bei dieser Forschungsrichtung für nicht weiter berücksichtigungswerth gehalten. — Lassen sich die niedrig organisirten Insectenlarven (Maden, Raupen) auch nicht als Wiederholungen der den Insecten vorhergehenden Geschlechter in der Geschichte des Insecten-

stammes auffassen, wie die Kiemenmolche bei den Fröschen, so sind sie dennoch zur Bestimmung der Verwandtschaft gewisser Formenreihen, und zwar jener, die wir im Kreise der Insecten als Familien zusammenfassen, von hoher Bedeutung. Alle Insecten, welche zu einer Familie gehören, haben Larven, denen gewisse Merkmale gemeinsam sind, und das ist auch ein wichtiger Anhaltspunkt für deren Abstammung von einem gemeinsamen Vorfahren, dessen Larve sich durch Anpassung eben diese Merkmale erworben hat. Somit sind auch erworbene Larvenformen zur Feststellung der wahren Verwandtschaft höchst wichtig und in erster Linie zur Bestimmung der Familie.

Bei der früher besprochenen ursprünglichen Verwandlung der Echinodermen, Mollusken, Krebse und Frösche haben wir hervorgehoben, dass die ursprüngliche Larve auch verloren gehen und dieses Entwicklungsstadium in das Eileben verlegt sein kann, zuweilen auch ganz verschwunden ist und daher nicht allen Gattungen und Familien eine bestimmte ursprüngliche Larve entspricht, sondern diese sich nur bei einzelnen Gruppen, zuweilen bei einer einzigen Art, erhalten hat. Auch bei den Insecten geht die ursprüngliche Larvenform oft verloren (Lepidoptera, Diptera, p. p. Coleoptera, p. p. Neuroptera etc., Odonata, Rhynchota) und werden die Gliedmassen zuweilen nur im Ei angelegt oder sie erscheint nur als erstes Larvenstadium (Meloë u. A.). — Bei der erworbenen Lar-

venform können wir das nicht sagen, wir haben wenigstens keinen Beweis dafür, dass innerhalb einer Familie die für diese charakteristische Larve fehle. Innerhalb einer Insectenordnung können die verschiedensten Larvenformen vorkommen, aber im engeren Kreise einer Familie entwickeln sich alle Mitglieder aus einer bestimmten charakteristischen Larvenform. Nur selten zeigen ganze Ordnungen eine einzige Larvenform und das deutet uns ebenso die nähere Verwandtschaft der hiehergehörenden Formen an. So haben wir in der Ordnung der Käfer: Larven mit Gliedmassen und ohne diese, wir haben staphylinoide und engerlingartige Larven und ganz fusslose Larven; bei Neuropteren haben wir Larven mit saugenden Kiefern und solche mit kauenden, theilweise auch solche mit rudimentären Gliedmassen und Raupen; bei Hymenopteren haben wir Raupen und Maden, bei Dipteren nur Maden, theils mit differenzirtem Kopfe, theils ohne bestimmt umgrenzte Kopfkapsel (sog. kopflose); bei Schmetterlingen nur Raupen. Bei den Käfern haben aber alle Carnivoren, alle Malacodermen, Coccinelliden, Silphiden, Chrysomeliden, Dermestiden, Xylophagen, Curculioniden etc. je eine bestimmte Larvenform; bei den Neuropteren ebenso die Sialiden und Hemerobiden, die Panorpen und die Trichopteren; bei den Hymenopteren die Blattwespen, Bienen etc., bei den Dipteren die Mücken, Schnacken, Gallmücken, Bremsen und Fliegen u. s. w., bei den Schmetterlingen die Tag- und Nachtfalter und Spanner etc., bei den Libelluliden sind alle

Larven mit dem als Maske bekannten Fangapparat ausgestattet, bei den Ephemeren die Palingenien und Ephemeren im Gegensatze zu den nicht grabenden Larven u. s. w. besonders ausgebildet.

Kurz gesagt: kein Maikäfer entwickelt sich ohne das Engerlingstadium, kein Rüsselkäfer ohne fussloses Larvenstadium, kein Tagfalter ohne Raupe mit vier Paar mittleren Abdominalfüssen, kein Spanner ohne Spannerraupe, kein Hemerobide ohne saugende, kein Sialide ohne kauende Larve, keine Fliege anders als aus einer Made u. s. w., während viele Echinodermen ohne Larve mit Wimpernschnüren, viele Mollusken ohne Larve mit Segellappen, viele Crustaceen ohne Nauplius und manche Frösche ohne freischwimmende Kaulquappe sich entwickeln.

Die erworbene Larvenform wird dagegen gewöhnlich schon im Ei als solche angelegt, sei es als niedere Made oder als durch provisorische Organe umgebildete ursprüngliche Larve (Odonata, Osmylus u. A.), und haftet weit zäher an der Entwicklung verwandter Formen, als die ursprüngliche, und das wohl deshalb, weil die Entwicklung auf kürzerem Wege theils in der Weise vollzogen wird wie bei den früher genannten Formen, bei welchen die ursprünglichen Larvenstadien in das Eileben verlegt wurden, theils in ganz anderer Art. Bei Insecten und anderen Thieren wird die Verwandlung überhaupt entweder dadurch abgekürzt, dass die Häutungsstadien vermindert werden und schliesslich ein Puppenstadium entsteht, oder dass ein-

zelne Organe und die eigenthümliche Form ganzer Körperabschnitte, die sonst nur dem vollkommenen Thiere in dieser Weise angehören, immer frühzeitiger, sich noch während des Ei- und Larvenlebens entwickeln, wodurch die Larve immer mehr die Gestalt der Imago erhält (Rhynchota, Odonata, Saltatoria), oder dass die Larve schon vollkommen erwachsen und zur Verpuppung reif geboren wird (Pupipara). Im Vergleiche zur Kurzlebigkeit und Zartheit der vollkommenen Insecten und in Beziehung zu ihrer Lebensweise erscheinen diese Modificationen und die erworbenen Larvenformen ein Vortheil, es sind gewöhnlich die Ernährungsstadien, während das vollkommene Insect, wie die Blüthen, das Fortpflanzungsstadium repräsentirt.

Sowie den Blüthenpflanzen die Blüthenlosen in der Entwicklung des Pflanzenreiches vorausgingen, so gehen die Insecten ohne oder mit unvollkommener Verwandlung, oder mit vollkommener Verwandlung und fast ursprünglichen (Campodeoiden-) Larven jenen mit vollkommener Verwandlung (mit Larve, Nymphe und Imago) und erworbenen niedrigen Larvenformen (Raupen, Maden) voraus. In der Steinkohlenformation lebten nur Orthopteren, Rhynchoten, Odonaten, Ephemeren und Neuropteren (Sialiden), in der mesozoischen Zeit Dipteren und Hymenopteren, in der Tertiärzeit erst Schmetterlinge.

Die Urkerfe hatten beissende Mundtheile und keine Verwandlung, aber wahrscheinlich zahlreiche Wachsthumsstadien, die Zusammenziehung derselben

führte zur Entwicklung der Nymphe mit sistirter Nahrungsaufnahme (Neuroptera, Coleoptera). Das häufige Rudimentärwerden der Mundtheile der Imago, durch Theilung der Arbeit, insofern dieselbe die Erhaltung der Art ausschliesslich zu besorgen hatte (Perliden, Ephemeren), gab vielleicht Anlass zur ferneren Entwicklung der Kieferrudimente für eine andere besondere Ernährungsweise (Trichoptera, Lepidoptera, Diptera), oder diese Umwandlung wurde durch das Vorkommen von Nährstoffen bedingt (Blüthenpflanzen) (Lepidoptera, Hymenoptera).

Ueber

Farbensinn und Farbenblindheit.

Von

D[R.] AUG. RITTER v. REUSS,

Professor der Augenheilkunde an der k. k. Universität in Wien.

Vortrag, gehalten den 9. December 1885.

(Mit Demonstrationen.)

Wenn wir sagen, dass ein Körper leuchte, so wollen wir sagen, er besitze die Kraft, die einzelnen Theilchen des ihn umgebenden Aethers in eine schwingende Bewegung zu versetzen und dadurch Aetherwellen zu erzeugen, welche, wenn sie die Netzhaut des Auges treffen, den Eindruck des Lichtes machen, in derselben Weise, wie gewisse Aetherschwingungen, die unseren Hörnerven reizen, eine Tonempfindung, andere, welche unsere Gefühlsnerven zum Angriffspunkte nehmen, das Gefühl des Warmen oder Kalten hervorrufen. Ob das Licht direct von einem leuchtenden Körper ausgeht oder ob es von einem dunklen Gegenstande reflectirt wird, bleibt sich vollkommen gleich. Diese Aetherwellen sind jedoch nicht gleichartig, einige sind höher, andere niedriger, einige kürzer, andere länger, je nachdem die Aethertheilchen kleinere oder grössere, raschere oder langsamere Schwingungen machen, und wenn in ein Auge Lichtstrahlen gelangen, die aus Wellen einer bestimmten Grösse *a* bestehen, so entsteht dadurch ein anderer Gesichtseindruck, als wenn sie aus Wellen einer andern Grösse *b* zusammengesetzt sind. Trifft unser Auge z. B. Licht, dessen Wellen eine Länge von 6878 Hunderttausendtheilen eines Millimeters besitzen, wobei jedes

Aethertheilchen 448 Billionen Schwingungen in einer Secunde macht, so wird in unserem Sehapparate eine Empfindung erregt, welche wir Roth nennen, und erfolgen gar 790 Billionen Schwingungen in einer Secunde, wodurch Wellen von 3929 Hunderttausendtheilen eines Millimeters zu Stande kommen, so erhalten wir die Empfindung von Violett. Das, was wir Farbe nennen, ist also durchaus nicht etwas ausser uns wirklich Existirendes, es gibt kein rothes, grünes, violettes Licht, es gibt nur Licht verschiedener Wellenlängen, von verschiedener Dauer der Aetherschwingungen, welche in uns Empfindungen hervorrufen, die wir mit den Namen des Roth, des Grün, des Violett u. s. w. bezeichnen, und ist dieser nervöse Apparat nicht in Ordnung, so wird auch dasselbe Licht Eindrücke anderer Art erzeugen können.

Die Schwingungszahlen und Wellenlängen der Lichtsorten, welche die Farben des Regenbogens hervorrufen, sind folgende:

Farbe:	Billionen Schwingungen in der Secunde:	Wellenlängen in Hunderttausendtel Millimeter:
Roth . . .	448	6878
Orange . .	472	6564
Gelb . . .	526	5888
Grün . . .	589	5260
Blau . . .	640	4843
Violett . .	790	3928.

Das Licht, wie es von den meisten leuchtenden Körpern ausgeht, ist jedoch nicht eine Sorte von Licht,

sondern es ist gemischt aus Strahlen sämmtlicher Wellenlängen, und wir müssen besondere Vorrichtungen anwenden, um die verschiedenartigen Lichtstrahlen zu ordnen. Lassen wir z. B. ein Bündel Sonnenstrahlen durch das Loch eines Fensterladens auf ein dreiseitiges Glasprisma auffallen, so wird dieses Bündel nach bekannten Gesetzen von seinem Wege abgelenkt, gleichzeitig aber findet ein fächerförmiges Auseinanderfahren des Lichtbündels statt, und wir erblicken jetzt, wenn wir das Licht auf einem weissen Schirm auffangen, nebeneinander sämmtliche Farben des Regenbogens; vereinigen wir dieselben wieder durch passende optische Vorrichtungen, so entsteht wieder weisses Licht, und wir können auf diese Art beweisen, dass das weisse Licht aus diesen verschiedenen Farben zusammengesetzt sei.

Weniger schön lässt sich dies durch einen Versuch zeigen, den ich hier vorführen will. Schwingt man eine glühende Kohle im Kreise, so sieht man bekanntlich einen feurigen Kreis, da der Lichteindruck in den getroffenen Stellen der Netzhaut noch fortdauert, wenn auch das Bild der glühenden Kohle schon auf einer ganz andern Netzhautstelle entworfen wird. In gleicher Weise sehe ich auf einer Scheibe, welche ich rasch um ihre Axe drehe, statt eines schwarzen Punktes einen schwarzen Kreis, und bringe ich auf derselben farbige Sectoren an, so wird die eine Farbe noch empfunden werden, wenn dieselbe Netzhautstelle schon von einer andern Farbe getroffen wird; sie erhält daher

zwei Eindrücke auf einmal oder auch mehrere, wenn ich mehrere Farben auf meiner Scheibe anbringe. So kann ich verschiedene Lichtsorten im Auge selbst zur Mischung bringen. Ordne ich auf der Scheibe nun, wie Sie sehen, sämmtliche Farben des Regenbogens in bestimmtem Verhältnisse, so würden Sie den Eindruck von Weiss erhalten, sobald ich die Scheibe in sehr rasche Drehungen versetze, wenn die Farben vollständig rein wären, und wenn sie die Leuchtkraft der Regenbogenfarben besässen. Da dies nicht der Fall ist, müssen wir uns mit einem neutralen Grau begnügen.

Fällt derartiges gemischtes weisses Licht nun auf einen Gegenstand auf, so geschieht nach der verschiedenen Beschaffenheit des letzteren Verschiedenes. Nicht jeder Körper sendet nämlich alles weisse Licht zurück, sondern die meisten absorbiren, verschlucken das Licht gewisser Wellenlängen und nur das, was reflectirt wird, gelangt in unser Auge und bestimmt die Farbe des Gegenstandes. Wenn also von einem Körper z. B. alles rothe, gelbe und blaue Licht absorbirt wird, so kann nur das grüne, d. i. solches von einer Wellenlänge, das den Eindruck Grün erzeugt, reflectirt werden, der Körper ist also grün. Hat der Körper die Eigenschaft, alles Licht zu reflectiren und gar keines zu absorbiren, so erscheint er uns weiss; im Gegentheile, verschluckt er alle Lichtsorten und reflectirt gar kein Licht, so ist er schwarz. Dasselbe, was vom reflectirten Lichte gilt, hat auch für das durchfallende Geltung. Wenn wir weisses Licht durch eine Glasplatte hindurchtreten

lassen, welche die grünen, blauen und violetten Strahlen nicht, die gelben nur theilweise, die rothen aber vollständig durchlässt, so werden wir das Glas roth nennen, und da nur Licht hindurchtritt von 448 Billionen Aetherschwingungen in der Secunde, so werden alle mit diesem Lichte beleuchteten Gegenstände roth aussehen, sobald sie nicht die Eigenschaft haben, dieses Licht zu absorbiren.

Wir begehen also einen Fehler, wenn wir von farbigem Lichte, von farbigen Gegenständen sprechen; die Empfindung des Farbigen ist etwas ganz subjectives, das Objective sind nur die Schwingungen der Aethertheilchen. Trotzdem werden wir dem Sprachgebrauche nachgeben und soweit als möglich die Farben als etwas Objectives betrachten.

Wir haben gehört, dass Aethertheilchen, welche 448 Billionenmal in der Secunde schwingen, die Empfindung des Roth hervorrufen; was geschieht aber mit denen, welche um 1, 2, 3 etc. Billionen mehr Schwingungen machen? Wir empfinden keine Aenderung der Farbe, nur bei zunehmender Schnelligkeit der Oscillationen wird das Roth gelblich und bei 472 Billionen Schwingungen nennen wir es orange, womit wir ein stark ins Gelbe ziehendes Roth oder ein stark ins Rothe ziehendes Gelb meinen. Erst bei 526 Billionen Schwingungen sprechen wir von einer vom Roth total verschiedenen Farbenempfindung. Unser Sehorgan ist so construirt, dass es eigentlich nur vier verschiedene Qualitäten von Farbe zu unterscheiden vermag, roth, gelb,

grün und blau; zwischen diesen liegen als Farben zweiter Ordnung das Orange zwischen Roth und Gelb, das Violett und Purpur zwischen Blau und Roth; das zwischen Gelb und Grün liegende Gelbgrün bezeichnen wir mit keinem eigenen Namen, ebenso wenig das Blaugrün; das leicht gegen das Violette neigende Blau wird nun von Physikern und Physiologen als Indigo (722 Billionen Schwingungen) bezeichnet. Ausser diesen von den meisten Menschen als Mischfarben empfundenen Farben gibt es aber noch eine Menge Uebergänge, so dass zwischen Roth und Gelb eine unzählbare Menge von röthlichem Gelb, gelblichem Roth, zwischen Gelb und Grün zahllose Gelblichgrün und Grünlichgelb zu liegen kommen u. s. w. Jede dieser Lichtsorten ist aber ebenso berechtigt, als einfache Farbe zu gelten, wie die genannten vier Grundfarben, und handelt es sich nicht um Gemische aus Licht von verschiedenen Wellenlängen.

Ausser diesen einfachen Farben haben wir aber Farben von gleichem Aussehen, die aus der Mischung verschiedenen Lichtes entstehen. Wenn wir mittelst eines Prismas ein Spectrum auf einem Schirme entwerfen und in diesem Schirme Spalten anbringen, so werden durch dieselben nur einzelne Farben des Spectrums hindurchgehen. Lassen wir z. B. durch eine Spalte rothes Licht und durch eine andere violettes Licht hindurch und mischen wir diese beiden Lichtsorten durch eine passende Vorrichtung, so entsteht eine Farbe, die wir Purpur nennen und die im Spectrum nicht enthalten ist; mischen wir aber Roth und

Blau, so erhalten wir ein Violett, das vollkommen dem spectralen Violett gleicht.

Ich muss hier jedoch von einem eigenthümlichen Verhalten gewisser Farben zu einander sprechen. Mischen wir z. B. das Roth des Spectrums mit einem gewissen Blaugrün, so erhalten wir Weiss, und ebenso geben Blau und Gelb, Grüngelb und Violett mit einander gemischt Weiss; kurz, jeder Farbe des Spectrums entspricht eine andere Farbe, die sich mit ihr zu Weiss verbindet. Wir können also Weiss nicht nur durch die Mischung aller Farben des Regenbogens erhalten, sondern auch je zwei Farben desselben ergänzen sich zu Weiss, und wir nennen sie deshalb auch complementäre Farben oder, wenn wir einer anderen Anschauung folgen, Gegenfarben; sie erscheinen als gegenseitige Feinde, die zusammengebracht jeden farbigen Eindruck auslöschen. Wir sind z. B. nicht im Stande, uns eine Farbe zu denken, welche gleichzeitig Roth und Grün enthält, denn wenn Sie etwa einen Stoff vor sich haben, welcher gleichzeitig roth und grün schillert, so befinden sich diese Farben neben einander, sind aber nicht gemischt; ein grünliches Roth oder ein röthliches Grün gibt es also nicht. Ebenso wenig werden wir uns Blau und Gelb gleichzeitig in einer Farbe denken. Sie werden mir einwenden, das sei nicht wahr, denn aus Blau und Gelb könne man Grün mischen, wie jeder Knabe, der einen Farbenkasten besitzt, wisse. Auch die Männer der Wissenschaft waren lange in diesem Irrthume befangen, den ich Ihnen jetzt aufklären will.

Nehmen wir in einem Glase eine blaue Flüssigkeit, so lässt diese von weissem Lichte vor Allem die blauen Strahlen durch, dann einen Theil der grünen und violetten, wenig rothe, aber durchaus keine gelben. Eine gelbe Flüssigkeit lässt Gelb hindurch, ausserdem Grün und Roth, wenig Violett aber durchaus kein Blau. Sind die Flüssigkeiten so beschaffen, dass sie mit einander keine chemische Verbindung eingehen, und mische ich sie jetzt, so erhalte ich Grün, denn dies ist die einzige Farbe, die beide Flüssigkeiten passiren lassen, während alle andern nur von der einen durchgelassen, von der andern aber absorbirt werden. Das Grün wird aber, da es nicht vollständig durchgelassen ist, folglich auch nicht so intensiv wie ein ohne Mischung entstandenes sein. Ganz in derselben Weise ist das Entstehen des Grün aus blauer und gelber Malerfarbe zu erklären.

Um Ihnen diese Mischungen zu zeigen, muss ich wieder zur rotirenden Scheibe greifen. Sie sehen also, dass man aus Roth und Gelb Orange erhält, aus Orange und Gelbgrün Gelb, sowie dass aus einer Mischung von Gelb und Blau, von Purpur und Grün Grau entstehe, aus Gründen, die ich schon früher auseinandergesetzt habe.

Wie schon erwähnt, erscheint ein Körper, der Licht aller Wellenlängen reflectirt, weiss, der gar keines reflectirt, schwarz; wird aber von ihm nur ein Theil von jeder Lichtsorte reflectirt, so erscheint er grau, und zwar um so dunkler, je mehr, um so heller, je weniger Licht zur Absorption gelangt. Zwischen Schwarz

und Weiss liegt also eine ununterbrochene Reihe verschiedener Grau. Wird aber von einer Lichtgattung mehr reflectirt als von der andern, so erhält das Weiss oder Grau einen Schimmer dieser Farbe, der immer intensiver wird, je mehr von ihm, je weniger von den andern zurückgeworfen wird, bis endlich da, wo alle Strahlen dieser Wellenlänge reflectirt, alle andern aber vollständig absorbirt werden, die Farbe in ihrer grössten Sättigung erscheint. Wird nun auch ein Theil dieses Lichtes aufgesaugt, so wird die Farbe dunkler und endlich so dunkel, bis sie dem Schwarz nahe kommt und endlich in Schwarz übergeht, wenn alles Licht absorbirt wird. Das heisst, verständlicher gesagt: mischen wir eine Farbe mit Weiss, so wird sie heller, mischen wir sie mit Schwarz, so wird sie dunkler, bis sie endlich auf einer Seite in Weiss, auf der andern in Schwarz übergeht. Wir nennen solche Mischungen mit Weiss und Schwarz, respective Grau Nuancen, sprechen also von hellen und dunklen Nuancen. Manche derselben hat man mit eigenen Namen belegt, Lichtblau nennt man Himmelblau, Lichtpurpur Rosa, Lichtroth Fleischroth, Dunkelroth ist Rothbraun, Dunkelgelb Braun oder Gelbbraun, dunkles Gelblichgrün Olivengrün u. s. w. Mischt man jedoch zwei Farben miteinander, wie früher gesagt, so entstehen verschiedene Farbentöne, deren jeder wieder mit Schwarz, Weiss oder einem Grau eine Mischung eingehen kann.

Alle diese verschiedenen Farben mit ihren Nuancen und Tönen können wir uns in einer Kugel ange-

ordnet denken. Am Aequator liegen die gesättigten Farben mit ihren Uebergängen, also Roth, Orange, Gelb, Grüngelb, Grün, Blaugrün, Grünblau, Blau, Indigo, Violett, Purpur, Carmin, das sich wieder an das Roth anschliesst. An den Nordpol der Kugel legen wir Weiss, an den Südpol Schwarz, an der Axe zwischen denselben liegt Grau, im Centrum das aus gleichen Theilen von Schwarz und Weiss gemischte Neutralgrau, das gegen den Weisspol heller, gegen den Schwarzpol dunkler wird. Auf jedem Meridian liegt ein und derselbe Farbenton in je nach der Lage gegen Nord oder Süd helleren oder dunkleren Nuancen. Nehmen wir zum Beispiele das Blau. Gesättigtes Blau liegt am Aequator, es wird gegen Norden hin heller, wird weissliches Blau, bläuliches Weiss und geht endlich in reines Weiss über, gegen Süden wird es dunkler, schwärzliches Blau, bläuliches Schwarz, endlich Schwarz. Halbiren wir die Kugel durch einen Schnitt im Aequator, so erhalten wir alle Nuancen mit Grau, also im Radius zwischen Blau und dem Centrum alle Mischungen das Blau mit Neutralgrau; führen wir den Schnitt in einem Parallelkreise, bekommen wir die Mischungen mit einem helleren Grau, wenn dieser Kreis auf der weissen Hemisphäre, mit dunklerem Grau, wenn er auf der schwarzen Hemisphäre liegt. Kurz, in einer solchen Kugel befinden sich alle denkbaren Farben beisammen.

Wie verhält sich nun das Auge des Menschen gegenüber diesen Farben? Unempfindlicher, als man glauben sollte. Billionen von Schwingungen der Aether-

theilchen mehr oder weniger können stattfinden, ehe wir eine merkliche Aenderung des Farbentones bemerken. Man hat durch sorgfältige Untersuchungen gefunden, dass die Wellenlänge des gelben Lichtes um $^1/_{772}$ sich ändern müsse, um eine Differenz der Farbe zu zeigen, und die des rothen Lichtes um $^1/_{115}$. Wir wissen freilich nicht, wie gross die individuellen Schwankungen sein mögen, ich meine jedoch, dass solche vorhanden sein werden, und halte es auch für möglich, dass das Auge desselben Individuums durch Uebung so geschärft werden könne, dass es kleinere Differenzen schon empfinde; vielleicht könnte durch solche Uebung auch eine Vervollkommnung des Sehorganes selbst im Laufe der Jahrhunderte entstehen. Dies führt mich auf ein sehr wichtiges Capitel: auf die Erziehung des Farbensinnes.

Keiner unserer Sinne wird so stiefmütterlich behandelt wie der Farbensinn. Gehen wir unsere ganze Unterrichtszeit durch, so werden wir nirgends finden, dass den Farben irgend ein Raum gegönnt wurde. Schon in der Volksschule wird bei dem Kinde vorausgesetzt, dass es wisse, was Roth und was Blau sei, wo es das gelernt haben soll, darnach fragt Niemand. Man setzt als selbstverständlich voraus, dass die Eltern diesen Unterricht besorgen, und gewöhnlich ist das ja auch der Fall; häufiger erwirbt sich das Kind durch Malen und durch Spielen mit farbigen Gegenständen von selbst diese Kenntnisse. Es gibt aber doch genug Eltern, welche keine Zeit finden, sich mit ihren Kindern in

belehrender Weise zu beschäftigen, die oft auch nicht die Fähigkeit hiezu besitzen. Wenn in der modernen Volksschule auf Farbenlehre Rücksicht genommen wird, so sind dies rühmliche Ausnahmen; ob der Lehrplan es vorschreibt, ist mir nicht bekannt.

Die Mittelschule, vielleicht auch die Bürgerschule lehrt einen Gegenstand, in welchem über Farben gesprochen wird, die Physik. Wenn von der Wirkung der Prismen gesprochen wird, vom Regenbogen, dann wird die Reihenfolge der Spectralfarben vorgetragen und auswendig gelernt; dass die Schüler die Farben kennen, wird als selbstverständlich vorausgesetzt. Ich entsinne mich sehr gut, dass ich in meinen Studien sehr weit vorgeschritten war, ohne über den Begriff des Purpur im Klaren zu sein; anfangs interessirte es mich nicht, später schämte ich mich darnach zu fragen.

An den Hochschulen kümmert man sich entweder nicht um Farben, z. B. an der juridischen Facultät, oder man verlangt sie beim Mediciner und Naturhistoriker in sehr ausgedehntem Masse, aber ohne sie zu lehren. Nur eine geringe Zahl von Menschen wird, da es ihr Beruf mit sich bringt, von der Farbe zu leben, direct Farbenunterricht erhalten; alle anderen müssen die Lücke in ihrem Wissen nach eigenem Ermessen auszufüllen trachten.

Mit einer systematischen Erziehung des Farbensinnes können wir einen doppelten Zweck verfolgen. Wir können erstens die Vermehrung unserer Kenntniss

der Farben anstreben, wir können aber zweitens auch eine Vervollkommnung unseres Sehorganes beabsichtigen.

Sprechen wir zuerst von der Farbenkenntniss. Es ist eine bekannte Thatsache, dass in früheren Zeiten, so wie heute bei uncivilisirten Völkern, die Sprache mit der Kenntniss der Farben nicht Hand in Hand ging. Es hat dieses Missverhältniss sogar zu der Annahme geführt, dass es Zeiten gegeben habe, in denen der Farbensinn nicht so entwickelt war, wie er es heute ist, weil in den alten Sprachdenkmälern, z. B. den Vedaliedern, den homerischen Gesängen, der Bibel, gewisse Dinge, deren Farbe uns bekannt ist, nicht nach dieser oder mit andern unrichtigen Namen benannt werden. Es wurden daraus Schlüsse gezogen, wie sie vielleicht in einem Jahrtausend über uns gezogen werden könnten, die wir von schwarzem Kaffee, weissem Wein, Vino nero, blauen Veilchen u. s. w. sprechen, eingebürgerte Ausdrücke, die mit den wahren Ansichten, die wir über die Farbe des Kaffees, des Weines, der Veilchen besitzen, nichts zu thun haben. Die Lehre von der Entwicklung des Farbensinnes in historischer Zeit ist heute ein überwundener Standpunkt; ich werde mich heute nicht weiter damit beschäftigen. Aber wie den alten Völkern, welche für die Hauptfarben nicht immer die passenden Ausdrücke bei der Hand hatten, geht es uns noch heutzutage; wir kennen viel mehr Farbentöne und Farbennuancen, als unsere Sprache Bezeichnungen für dieselben besitzt, und kommen oft

in die Lage, neue solche Bezeichnungen erfinden zu müssen.

Nur für die Hauptfarben besitzen wir eigene Namen: Weiss, Schwarz, Gelb, Grün, Blau, Grau und Braun, wozu noch der erborgte Name Purpur zu rechnen wäre, dessen Bedeutung übrigens im Laufe der Zeit viele Wandlungen erlitten hat. Den grössten Theil der anderen Farbenbezeichnungen nehmen wir von der Aehnlichkeit mit gewissen Gegenständen, welche die Farbe stets oder doch gewöhnlich besitzen. Ich nenne als Beispiele: Blutroth, Rosenroth, Orange, Goldgelb, Bernsteingelb, Weingelb, Strohgelb, Resedagrün, Smaragdgrün, Pistaziengrün, Kornblumenblau, Lazurblau, Violett, Lila, Milchweiss, Aschgrau, Kohlschwarz, Kastanienbraun, Chamois u. s. w. Andere Namen beziehen sich auf den Ursprung des Farbstoffes, z. B. Krapprosa, Wismuthweiss, Ockergelb, Cochenilleroth, Methylviolett und das ganze Heer der Anilinfarben, oder auf irgend einen Fabrikationsort, z. B. Schweinfurthergrün, Kremserweiss, Neapelgelb, oder die Verwendung der Farben, wie Akademieroth. Gar nichts besagen die nach berühmten Personen oder Orten construirten Namen, z. B. Louisenblau, Bismarckbraun, Tegetthoffblau, Makartroth, Isabellgelb, Kaisergelb, Solferinoroth, Magentaroth, die wie das Isabellgelb sammt der Geschichte die sich daran knüpft, sich eingebürgert haben, während andere, wie z. B. Solferinoroth, zu unserer Zeit entstanden und verschwunden sind. Auch der Name Neuroth existirt, wie ich glaube, nicht mehr.

Ich habe diese lange Reihe von Bezeichnungen aufgezählt, um es Ihnen klar zu machen, dass wir fast mit keiner derselben einen scharf umschriebenen Begriff verbinden können. Am besten geht es noch mit solchen Namen, die ziemlich farbenbeständigen Mustern entlehnt sind, so vor allen mit denen der mineralischen Farben: Smaragdgrün, Zinnoberroth, oder mit manchen Blüthenfarben: Pfirsichblühroth, Coquelicotroth, Vergissmeinnichtblau; das sind aber Ausnahmen. Meist wechseln die Muster zu sehr in der Farbe. — Was versteht man z. B. unter Strohgelb? Das Gelb des Korn-, Weizen-, Hafer-, Reisstrohs? Ich weiss es selbst nicht. — Was ist Orangegelb? Als Prototyp gilt die Farbe der Mennige, die Orangen selbst enthalten bald mehr, bald weniger Roth in ihrem Gelb. — Was ist Holzbraun, Aschgrau, Bernsteingelb? Holz, Asche und Bernstein können sehr verschieden aussehen. In noch grössere Verlegenheit kommen wir, wenn wir uns nach Mustern richten sollen, die nicht immer zur Hand sind, z. B. wenn wir wissen wollen, wie das Meergrün aussieht u. s. f.

Ja selbst über die Grundfarben ist man nicht immer im Klaren. Wo finden Sie z. B. den Typus eines „Roth", d. h. eines Roth, dem weder eine Spur gelb, noch eine Spur Blau beigemischt ist? Prof. Hering in Prag fand, dass die gegenwärtig im Handel befindlichen schön rothen Papiere alle eine Spur Gelb besitzen, wenn sie nicht als purpurfarbige schon mit blau vermischt sind. Will Hering zu Versuchen reines

Roth herstellen, d. h. Roth, welches ihm als reines Roth erscheint, so muss er ein wenig Blau beimischen. Verglich er nun die Augen zweier anderen Personen, so fand die eine, dass dieses Roth immer noch zu viel Gelb enthalte, und dass am Farbenkreisel ein viel grösserer blauer Sector beigemischt werden müsse, der andere fand jedoch, dass die von Hering beigemischte Blaumenge zu gross sei, und dass er viel weniger davon brauche, um reines Roth zu erhalten.

Hering glaubt, angelernte Verschiedenheiten in der Bezeichnung hier ausschliessen zu können, und führt die Verschiedenheit auf einen gelben Farbstoff zurück, der sich bei jedem Menschen an einer gewissen Stelle der Netzhaut im Auge befindet, aber in verschiedener Menge bei verschiedenen Personen, so dass wir Alle durch ein lichtgelbes Medium sehen, aber der Eine durch ein intensiver, der Andere durch ein schwächer gefärbtes. Ebenso findet man individuelle Verschiedenheiten in der Farbe der Krystalllinse. Diese ist beim jugendlichen Individuum viel farbloser als beim Erwachsenen und beim Greise, sie wird mit den Jahren immer gelblicher, so dass der Jüngling und der Greis über die Reinheit der Farben auch deshalb verschiedene Ansichten haben müssten.

Im Allgemeinen benützen die Physiologen die Farben des Sonnenspectrums als Typen und orientiren sich in demselben nach gewissen dunklen Linien, den Frauenhofer'schen Linien. Aber auch diese geben nur unsichere Anhaltspunkte, weil der Raum zwischen

je zwei solchen Linien zu gross ist. Ausserdem sind für praktische Zwecke Spectralapparate und Sonnenlicht nicht immer zur Hand. Einen sehr unvollkommenen Behelf geben die Farbentafeln von Radde, die ich Ihnen hier vorlege. Sie enthalten eine Anzahl von verschiedenen Farbentönen mit sehr vielen Nuancen, die mit Ziffern und Buchstaben bezeichnet sind, und man kann sich also bis zu einem gewissen Grade darüber verständigen, was für eine Farbe man in einem bestimmten Falle gemeint hat. Aber sie enthalten viel zu wenig Farben, und manche derselben, besonders das Purpur, sind nicht in wünschenswerther Güte vertreten.

Eigentlich sollten zu praktischen Zwecken grosse, Jedermann zugängliche Farbensammlungen bestehen, in welchen man sich jederzeit orientiren kann, also eine Art Wörterbuch der Farbenkunde; das Museum für Kunst und Industrie wäre in Wien der richtige Ort dazu.

Ich will jedoch nicht zu weit gehen, sondern vom Wörterbuch zur Fibel zurückkehren. An jeder Volksschule sollte Farbenlehre ein obligater Gegenstand sein — nicht ein neuer, den Lehrstoff vergrössernder, sondern eingefügt in den Anschauungsunterricht. In der ersten Classe müsste jedes Kind die Grundfarben kennen lernen, später ihre lichteren und dunkleren Nuancen, noch später ihre Mischungen mit anderen Farben und so aufsteigend vom einfachen zum complicirten. Was in den Schulen heutzutage geschieht, ist immer nur das Verdienst einzelner Lehrer. Professor Magnus in Breslau war es, der zuerst diesen Gegen-

stand anregte und dem wir auch Lehrbehelfe verdanken. Sie bestehen in einer tabellarischen Zusammenstellung der Farben und in einer Anzahl einzelner Täfelchen, die dem Schüler in die Hand gegeben werden.

Eine grössere Auswahl bieten die Farbentafeln von Eichler, Lehrer an der Uebungsschule des Pädagogiums in Wien. Es sind im Ganzen 110 Tafeln; es würde sich leicht ergeben, wie man mit denselben umzugehen hätte, sobald man dazu Gelegenheit fände. Die Tafeln von Magnus würden sich für den ersten Unterricht eignen, die von Eichler mehr für Vorgeschrittene passen. Man könnte freilich meinen, dieser Farbenunterricht sei unnütz, das Leben lehre dem Menschen schon, was er an Farbenkenntniss brauche. Diese Meinung würde aber unrichtig sein. Wer Gelegenheit hat, Prüfungen über die Farbenkenntniss selbst der sogenannten gebildeten Classen anzustellen, macht in diesem Punkte gewöhnlich die traurigsten Erfahrungen. Es ist etwas ganz Gewöhnliches, dass Blau und Violett, Roth und Purpur, Grau und Braun zusammengeworfen werden, und nur wenige Personen sind im Stande, in einer Mischung von grau mit einer kleinen Menge irgend einer Farbe diese Farbe richtig herauszufinden. Diese Farbenunkenntniss findet sich vorwaltend bei Männern, während das weibliche Geschlecht durch Toilette und Handarbeiten sich im Allgemeinen ein viel gründlicheres Wissen angeeignet hat.

Durch einen systematischen Farbenunterricht würden wir uns also nicht nur die nöthige Kenntniss

der richtigen Farbenbezeichnungen erwerben, sondern wir würden auch Farbentöne, die von einander nur wenig differiren, als verschieden unterscheiden lernen. Wenn ich z. B. dem Weiss eine andere Farbe beimenge, so wird man an eine Grenze kommen, wo man diese nicht mehr sieht, sondern nur reines Weiss zu sehen glaubt. Gewiss würde sich die Feinfühligkeit unseres Sehorganes durch fleissige Uebung steigern und würden dann auch geringere Mengen einer Farbenbeimischung erkannt werden.

Es würden daraus nicht nur theoretische, sondern auch praktische Vortheile erwachsen, und speciell die Kunst und das Kunstgewerbe könnten dabei nur gewinnen, wenn das Verständniss für Farben im Publicum zunähme.

Ganz verschieden von dieser Farbenunkenntniss ist der Zustand, den man Farbenblindheit nennt. Wir verstehen darunter das Unvermögen, gewisse Farben so zu sehen, wie sie ein normales Auge sieht. Ein solcher Zustand kann die Folge eines schweren Augenleidens sein, ich will aber hier nur von der häufigeren Form sprechen, der angebornen Farbenblindheit, welche in vollkommen gesunden Augen vorkommt, die sich der vorzüglichsten Sehschärfe erfreuen können.

Ein solches farbenblindes Auge sieht entweder gar keine Farbe, Schwarz und Weiss und ihre Uebergänge, also Grau ausgenommen, die ganze Welt kommt ihm wie eine Tuschzeichnung vor; oder es sieht nur einzelne Farben, respective einzelne Farbenpaare nicht,

und zwar entweder Roth und Grün, oder Blau und Gelb, und hienach unterscheidet man Rothgrünblinde und Blaugelbblinde. Die totale Farbenblindheit ist wie die Blaugelbblindheit sehr selten; ich werde mich daher nur mit der sehr häufigen Rothgrünblindheit beschäftigen. Schreiben wir uns der Reihe nach die Spectralfarben sammt dem Purpur auf, das die beiden Enden des Bandes, wenn es zu einem Ringe geschlossen würde, verbindet und schreiben wir darunter, wie die einzelne Farbe dem Rothblinden erscheint.

Roth	Orange	Gelb	Gelbgrün	Grün
—	*Gelb*	*Gelb*	*Gelb*	—

Blaugrün	Blau	Violett	Purpur
Blau	*Blau*	*Blau*	*Blau*

Das Farbensystem des Rothgrünblinden wird daher ausser Schwarz, Weiss und Grau nur Blau und Gelb enthalten, natürlich in den verschiedensten Helligkeiten, wobei ich erinnern will, dass dunkles Gelb Braun heisst, und dass helles, mit Grau gemischtes Gelb als Lichtbraun, Drap, Chamois bezeichnet wird. Er sieht also gesättigtes Roth, Gelb und gelbliches Grün *gelb*, dieselben Farben in ihren dunkleren Nuancen *braun* und die hellen Abstufungen als *helles Gelb* und *helles Braun*. Das, was wir von Farbenblinden selbst darüber erfahren, könnte uns leicht irre leiten. So erzählt z. B. ein farbenblinder Arzt, er sehe das Gras im Frühjahr in der Farbe rothen Siegellacks, also roth; das ist aber ein Irrthum, er sieht beide gleich, nämlich gelb, und

weiss eben nur, dass das Siegellack, das ihm mit dem Grase gleichfarbig scheint, roth ist.

Ebenso erscheinen ihm bläuliches Grün, Blau, Violett und bläuliches Roth, also Purpur, Carmin, Lila gleichfarbig als Blau, und er wird diese Farben stets mit einander verwechseln.

So wird er z. B., da die Frucht der Erdbeeren und ihre Blätter dieselbe Farbe besitzen, sehr schwer beim Pflücken der Früchte zu brauchen sein; er wird die Kirschen am Baume erst dann sehen, wenn er sie an der Form erkennt; er wird die zweite und dritte Classe der Eisenbahnen verwechseln, soweit sie sich durch den braunen und grünen Anstrich der Waggons unterscheiden; es kann ihm geschehen, dass er rothe, grüne und braune Briefmarken nicht oder nur nach der darauf gedruckten Ziffer differenzirt; er will sich als Jäger ein grünes Tuch zu einem Rocke kaufen und bringt rothes nach Hause; er engagirt eine Dame zum Tanze, die er nicht näher kennt, notirt sich „rothes Kleid" und will nachher mit ihrer blauen Schwester tanzen u. s. w. Das sind die heitern Seiten. Er kann aber als Zugsführer der Eisenbahn ein rothes Signal das ihm Halt zuruft, für grün halten, welches ihm das Weiterfahren gestattet und dadurch die Schuld an einem Unglücke tragen. Das ist es, was die Sache zu einer sehr ernsten gestaltet.

Fragen wir uns nun, wie sich der Farbenblinde mit den wenigen Farben behilft, die er wirklich zu sehen vermag. Jedes Kind lernt die Farben dadurch kennen,

dass es verschiedene Gegenstände mit verschiedenen Farbennamen bezeichnen hört, dass es endlich mit dem Namen der Farbe einen bestimmten Begriff verbinden lernt. Das kann das farbenblinde Kind nicht, und die nächste Folge wird sein, dass es sich verhältnissmässig spät um Farben bekümmern wird. Wenn sich die Intelligenz desselben bis zu einem gewissen Grade entwickelt hat, wird es zunächst sich die Farben gewisser Gegenstände merken, es wird wissen, dass das Gras grün ist, die Kirsche roth, der Himmel blau, das Stroh gelb u. s. w., ohne aber die Farben richtig zu sehen. Auf diese Weise wird es dahin kommen, viele Gegenstände mit dem richtigen Farbennamen zu bezeichnen. Später kommt das Nachdenken, warum denn andere Leute ihm gleichfarbig erscheinende Gegenstände mit verschiedenen Namen bezeichnen. Der Farbenblinde — er hat schon aufgehört Kind zu sein — wird sich anstrengen, gleichfalls die Unterschiede zu finden, und er findet sie auch in der verschiedenen Helligkeit der Farben. Das Gelb, das andere Leute Roth nennen, ist ihm ein viel dunkleres Gelb, und das sie Grün nennen, ein viel fahleres Gelb, und nun kann er es dahin bringen, hienach unter günstigen Verhältnissen die Farben richtig zu benennen, obwohl er weit davon entfernt ist, sie richtig zu sehen. Ein farbenblinder Locomotivführer wird bei klarem Wetter die drei Signalfarben Weiss (eigentlich Gelb), Roth und Grün, obwohl sie ihm alle gelb erscheinen, nicht verwechseln, denn sie erscheinen ihm gelb in drei verschiedenen Helligkeiten;

er wird sich freilich täuschen, wenn Nebel einfällt oder wenn eine Lampe düster brennt, bei der er helles Gelb verlangen würde. Und so kann es kommen, dass der Farbenblinde Farben ganz richtig benennt, obwohl er sie nicht richtig sieht. Natürlich gehört dazu eine gewisse Intelligenz, ein gewisses Studium, und wer den entgegengesetzten Weg wandelt und, weil er sich in den Farbenbenennungen nicht auskennt, Allem, was Farbe heisst, wohlweislich aus dem Wege geht, der wird sich diese Fertigkeit im Verdecken seines Fehlers nie erwerben.

Aber ebenso wie von Farbenblinden Farben richtig benannt werden, die er anders sieht, kann er auch Farben falsch benennen, die er richtig sieht. Da ihm Blau und Rosa gleich erscheinen, so wird er eine blaue Rose aus Stoff, trotzdem er das Blau vorzüglich kennt, ohne Zögern Roth nennen; es wird ihn die Form verführen, oder er wird, wenn ihm z. B. bei einem Stoffe der ebensogut die eine wie die andere Farbe haben kann, unsicher sein, ob er ihn gelb oder roth nennen soll, weil er weiss, dass er diese Farben oft verwechselt, und doch ist er für Gelb normal empfindend. Aus dem Gesagten geht hervor, dass, wenn wir aus einer Anzahl von Personen die Farbenblinden herausfinden wollen, wir nie nach dem Namen der Farben fragen dürfen, und dass jede Untersuchungsmethode unbrauchbar ist, unrichtige Resultate ergibt, die das Benennen der Farben verlangt. Um Farbenblinde zu finden, müssen wir entweder aus einer grossen

Menge farbiger Gegenstände die gleichfarbigen heraussuchen lassen, oder wir müssen richtige und unrichtige Farbenzusammenstellungen vorlegen und uns sagen lassen, ob diese gut oder schlecht sind.

Ich will Ihnen einige dieser Untersuchungsmethoden in Kürze vorführen. Die bekannteste ist die von Professor Holmgren in Upsala. Aus einer grossen Menge von farbigen Stickwollen lässt man zu einem lichtgrünen Strähn alle gleichfarbigen lichteren oder dunkleren heraussuchen; der Rothgrünblinde legt Braun, Grau manchmal auch Roth hinzu; der Blaugelbblinde Blaugrün, Blau.

Dann lässt man Schattirungen von Rosawolle zusammenstellen. Der Farbenblinde wird entweder Blau und Violett oder ausserdem auch Grau und Blaugrün als gleichfarbig sortiren. Im ersteren Falle ist er rothblind, im anderen grünblind. Wir können nämlich unter den Rothblinden diese beiden Kategorien unterscheiden. Jeder, der farbenblind ist, ist es nicht nur für eine Farbe, sondern auch für die complementäre, die Gegenfarbe. Von Roth ist aber die Gegenfarbe nicht Grün, sondern Blaugrün, und Grün hat Purpur zum Antagonisten. Es ist ein Fehler, den ich früher wissentlich begangen, indem ich Roth und Grün als Farbenpaar annahm; ich müsste also von Roth-Blaugrünblindheit und von Grün-Purpurblindheit sprechen, kürzer von Rothblindheit und von Grünblindheit. Einen praktischen Werth hat diese Unterscheidung jedoch nicht.

Anstatt Wolle kann ich farbige Pulver in Fläschchen oder farbige Papiere verwenden, oder ich kann zu einer durch Contrast erzeugten Farbe oder einer isolirten Farbe aus dem Spectroskope Wollen sortiren lassen.

Zu der zweiten Gruppe von Methoden gehört die von Daae in Norwegen. Muster von Zusammenstellungen nach Holmgren sind in Reihen auf eine Tafel gestickt, man lässt angeben, welche Reihen gleichfarbig sind, welche nicht; der Farbenblinde wird ungleichfarbige für gleich halten.

Bei einer von mir angegebenen Methode sind nur je zwei Muster auf Stickpapier gestickt, von den sechzig Täfelchen lässt man die gleichfarbigen aussuchen. Der Farbenblinde wird auch ungleiche auswählen.

Sehr schön, leider nicht untrüglich, ist die Methode von Stilling. Wenn man auf farbigem Grunde Buchstaben oder Ziffern in einer Farbe anbringt, die dem Farbenblinden ganz identisch mit der Grundfarbe erscheint, so wird er die Buchstaben nicht sehen. In den vorliegenden Tafeln sind z. B. Ziffern aus rothgelben Flecken gebildet, die sich auf einem lichtbraungefleckten Grunde befinden. Da dem Rothgrünblinden das Rothgelb ganz gleich dem Braun erscheint, so kann er die Ziffern nicht lesen. Da diese Farben aber nicht allen Farbenblinden identisch erscheinen, sondern in der Helligkeit differiren können, so werden sie doch von einzelnen gelesen.

Zum Schlusse noch die Antwort auf zwei Fragen:

1. Ist die Farbenblindheit häufig? Ja. 3 bis 4 Percent aller Männer sind farbenblind, dagegen nur 0·3 bis 0·4 Percent aller Frauen und Mädchen. Vielleicht hängt dies damit zusammen, dass sich das weibliche Geschlecht seit undenklichen Zeiten der Toilette wegen mit Farben beschäftigte und dadurch den Farbensinn zu höherer Entwicklung brachte. Erziehung des Farbensinns könnte vielleicht bei kommenden Generationen das Uebel auch beim männlichen Geschlechte seltener machen.

2. Ist Farbenblindheit heilbar? Nein. Durch Uebung kann man es dahin bringen, die Farbenblindheit zu verdecken, den Untersucher, der nicht geübt ist, zu täuschen, farbennormal wird ein Farbenblinder nie werden.

Der Farbenunterricht würde also keineswegs eine Heilung der Farbenblindheit bezwecken; er würde aber das Gute haben, den Fehler frühzeitig zu entdecken und Manchen von der Wahl eines Berufes abhalten, der seinen Fehler erst dann erkennt, wenn es zur Umkehr bereits zu spät ist.

Ueber die

empirische Natur unserer Raumvorstellungen.

Von

PROF. DR. O. SIMONY.

Vortrag, gehalten den 17. Februar 1886.

(Mit 3 Figuren im Texte und 4 Tafeln.)

Das Thema, dessen Erörterung mir heute obliegt, schliesst eine Reihe von Problemen in sich ein, die dasselbe einerseits mit exacten Naturwissenschaften, wie der Physiologie, anderseits mit den Axiomen der Geometrie in Verbindung bringen und in letzter Linie Gebiete der Erkenntnisstheorie berühren, in welchen sich vorläufig erst das Streben nach Aufklärung, aber noch nicht diese selbst, wissenschaftlich präcisiren lässt.

Demgemäss kann auch der Gegenstand unserer heutigen Betrachtungen unter mannigfaltigen Gesichtspunkten discutirt werden, deren Auswahl jedoch im vorliegenden Falle durch die Tendenz beschränkt wird, welcher alle an dieser Stelle abgehaltenen Vorlesungen zu dienen haben. Im Hinblick hierauf sei es mir nunmehr gestattet, Ihnen, hochgeehrte Anwesende, zunächst die naturwissenschaftliche Bedeutung meines Vortragsthemas mit Hilfe eines erläuternden Gleichnisses klarzulegen.

Sie Alle kennen wohl aus eigener Erfahrung das unterhaltende Spielzeug, welches den Namen Kaleidoskop führt.[1]) — Zwei ebene rechteckige Spiegel werden in einer innen geschwärzten Röhre derart befestigt,

dass ihre einander zugekehrten spiegelnden Flächen unter einem Neigungswinkel von 30—60 Grad zusammenstossen. An dem einen Ende der Röhre ist eine undurchsichtige Scheibe mit kreisförmigem kleinen Guckloch angebracht, das andere Ende wird durch eine gläserne Doppelscheibe geschlossen. Hiebei erhält die innere Glasscheibe von der äusseren, mattgeschliffenen, einen Abstand von 1·5—2 Millimeter und umgrenzt im Vereine mit der letzteren und der Innenfläche der Röhre einen Hohlraum, in welchem sich kleine, frei bewegliche Splitter verschieden gefärbten Glases befinden. Sobald man nun die mattgeschliffene Scheibe dem Tageslichte zuwendet und durch das erwähnte Guckloch hindurchsieht, gewahrt man buntgefärbte Sterne, welche ihre Formen augenblicklich verändern, wenn die sie erzeugenden Glassplitter in Folge einer Drehung des Instrumentes andere Lagen erhalten, aber bei aller Mannigfaltigkeit stets regelmässig gestaltet sind, obgleich die Splitter in jenem Hohlraum gemeiniglich eine völlig unregelmässige Vertheilung zeigen.

Diese Beobachtungen im Auge behaltend, mögen wir uns jetzt vor Allem der Thatsache erinnern, dass die Gesammtheit aller Sinnesempfindungen, welche jedem Einzelnen seine Vorstellung von der Aussenwelt vermitteln, uns nur zu geringfügigen Bruchstücken der letzteren in Beziehung setzt. Denn abgesehen davon, dass erst Reize von endlicher Stärke Sinnesempfindungen hervorrufen können,[2]) bleibt das

jedem einzelnen Sinne zugeordnete Wahrnehmungsgebiet auch qualitativ insoferne ein beschränktes, als beispielsweise unsere Sehnerven ausschliesslich durch Aetherschwingungen von ganz bestimmten Wellenlängen afficirbar sind,[3]) desgleichen auch unser Ohr im Mittel nur etwa zehn Octaven verschiedener Töne empfindet.[4]) Da ferner die Qualität der Empfindung, welche ein gegebener äusserer Reiz verursacht, unmittelbar durch die Organisation des in Thätigkeit tretenden Sinnes bestimmt wird — wirken ja doch beispielsweise dieselben Aetherschwingungen, welche unser Auge als Licht empfindet, auf unsere Haut als Wärme — so nehmen wir jene Bruchstücke der Aussenwelt nicht wahr **wie sie sind**, sondern wie sie uns zufolge **unserer** Organisation **erscheinen**,[5]) und gilt in diesem Sinne das Dichterwort:

„Alles Vergängliche
Ist nur ein Gleichniss."

Wäre nun die Art, wie wir unsere Sinnesempfindungen in die Aussenwelt verlegen, nicht das Resultat eines Anpassungsprocesses an die Wirklichkeit, sondern uns a priori anerschaffen, so könnte alle Gesetzmässigkeit, welche die Naturerscheinungen uns darbieten, in analoger Weise entstehen, wie die Gesetzmässigkeit in den Formen jener farbenprächtigen Sterne, die uns unregelmässig vertheilte Glassplitter in einem Kaleidoskop vermitteln: Ein Chaos könnte uns einen Schein von Gesetzmässigkeit vortäuschen.

Hieraus erhellt die Bedeutung, welche eine Charakteristik der empirischen Natur unserer Raumvorstellungen in naturwissenschaftlicher Hinsicht besitzt, und mögen nunmehr die diesen Zweck verfolgenden physiologisch-psychologischen Erwägungen in Kürze vorgeführt werden.

Jede psychische Function wird, wenn sie zum Bewusstsein gelangt, insoferne direct localisirt, als wir den Sitz des letzteren in das Haupt verlegen. Zu dieser Localisation tritt speciell bei Sinnesempfindungen noch eine zweite hinzu, indem sich an jede derselben die unmittelbare [6]) Vorstellung zweier Orte, eines Ortes in uns und eines in der Aussenwelt, knüpft.

Aber Vorstellungen von Orten involviren nicht nothwendig solche von Ausdehnung, [7]) denn wir localisiren sowohl unser Bewusstsein, als auch Töne und Worte, ohne hiebei Vorstellungen von Ausdehnung zu entwickeln. Es geschieht dies erst auf Grundlage jener Sinnesempfindungen, welche wir in unser Tastfeld, beziehungsweise in unser Gesichtsfeld localisiren.

Da wir einerseits zwei unsere Haut berührende Zirkelspitzen bei fortgesetzter gegenseitiger Annäherung der letzteren schliesslich an jeder Hautstelle als eine einzige Spitze empfinden, [8]) anderseits zwei leuchtende Punkte, deren scheinbare Entfernung weniger als 30 Secunden beträgt, nicht mehr von einander trennen können, [9]) setzen sich unser Tast- und Gesichtsfeld aus Tast-, respective Gesichtsbezirken von

endlicher Grösse zusammen. Die letzteren schliessen sich überdies nicht einmal lückenlos aneinander, indem die Eintrittsstellen beider Sehnerven keine wie immer geartete Lichtempfindung vermitteln.[10])

Die weitere Frage, wie sich auf Grundlage von Tast- und Gesichtswahrnehmungen Vorstellungen von Ausdehnung entwickeln, findet eine Erledigung durch Verwerthung der Thatsache,[11]) dass die Organe des Tast- und Gesichtssinnes mit Muskeln versehene bewegliche Endapparate besitzen, während die Rinde des Grosshirnes als Sitz des Bewusstseins[12]) unbeweglich unter der Schädeldecke ruht und die peripheren Enden beider Hörnerven ebenfalls unverschiebbar im Felsenbeine liegen.

Hieraus ergibt sich als Wahrscheinlichkeitsschluss, dass wir zu Vorstellungen von Ausdehnung durch Association von Tast-, respective Gesichtswahrnehmungen mit Bewegungsvorstellungen, also, da die Vorstellung jeder wie immer gearteten Bewegung des eigenen Leibes mit Muskelgefühlen verknüpft ist,[13]) durch **Verknüpfung** jener Wahrnehmungen mit Gefühlen von Muskelbewegung gelangen. Bei jeder solchen Association tritt dann die Bewegungsvorstellung selbst als ein Quale auf, welches durch keine andere sinnliche Qualität ersetzt werden kann.[14])

Es entsteht jetzt noch die Frage, welche Merkmale die auf Grundlage jener Wahrnehmungen

associirten Vorstellungen von Ausdehnung für die letztere liefern?

Sind die associirten Wahrnehmungen speciell Tastwahrnehmungen, so nöthigt uns schon das Bestreben, die beim Betasten gegebener Objecte gewonnenen Eindrücke und die Art, wie dieselben erlangt wurden, gesondert im Bewusstsein festzuhalten, einerseits zur Unterscheidung zwischen Flächen, Kanten und Spitzen, anderseits zur Aufstellung der Richtungsunterschiede: Rechts — Links, Vorwärts — Rückwärts, Aufwärts — Abwärts. Die Entwicklung der letzteren Vorstellungen vermittelt zugleich das Bewusstwerden einer räumlichen Anordnung[15]) der getasteten Gegenstände und ihrer verschiedenen Entfernungen vom tastenden Subjecte, deren Vergleichung die ersten rohen Massbestimmungen in, dem eigenen Körper und dessen Bewegungen — ich erinnere hier an das Schrittmass — entnommenen Masseinheiten begründet.

Einen analogen Weg nimmt die Entwicklung der Vorstellungen von Ausdehnung bei den mit Muskelgefühlen associirten Gesichtswahrnehmungen.

Auch diese erscheinen, wie Beobachtungen an glücklich operirten Blindgeborenen[16]) lehren, anfänglich als Flächenbilder der wahrgenommenen Gegenstände, deren räumliche Vertiefung zunächst unter fortwährender Mitwirkung des Tastsinnes zu Stande kommt.[17]) In Folge dessen liefert die räumliche Anordnung der Tastempfindungen die erste Directive

für jene der Gesichtswahrnehmungen und wird in der Folge von den sichtbaren und erreichbaren auf die sichtbaren, aber unerreichbaren Gegenstände ausgedehnt.

Da wir ferner alle übrigen Sinnesempfindungen auf tastbare, respective sichtbare Objecte beziehen, vereinigen sich die verschiedenen Vorstellungen von Ausdehnung zur Vorstellung eines alle Localisationen unserer Sinnesempfindungen in sich aufnehmenden **Sinnenraumes** als des Inbegriffes sämmtlicher Orte, in welche wir überhaupt Sinnesempfindungen localisiren können.[18])

In diesem Raume finden wir Theile desselben durch sichtbare Flächen zu Körpern abgegrenzt; die Kanten und Spitzen der letzteren bilden sichtbare Linien und sichtbare Punkte, welche aber, weil unsere Gesichtsbezirke von endlicher Grösse sind, ebenso als räumliche Gebilde betrachtet werden müssen wie die Körper selbst. Indem wir also die Eigenschaften sichtbarer Punkte, Linien und Flächen studiren, lernen wir zugleich Eigenschaften unseres Sinnenraumes kennen. Hiebei müssen wir, da die Art, wie wir unsere Sinnesempfindungen localisiren, dieselbe bleibt, wo immer wir uns befinden mögen, auch unserem Sinnenraume an allen Orten und nach allen Richtungen dieselbe Beschaffenheit zuschreiben und gehen demgemäss, indem wir jene Gebilde studiren, von dem Grundsatze aus, dass sich an allen Orten und nach allen Richtungen gleiche geometrische Constructionen vollziehen lassen.[19])

Auf solche Art entwickelt sich zunächst jene Geometrie der einfachsten, anschaulich ausführbaren Constructionen, deren Elemente in Euklid's classischer Bearbeitung schon längst ein Gemeingut aller Gebildeten geworden sind. Aber die sogenannten Axiome dieser Geometrie[20]) bilden nur eine Zusammenstellung aller unmittelbar anschaulichen Sätze, welche zu einer bequemen Beweisführung nothwendig und hinreichend sind; die unseren empirischen Raumvorstellungen möglicherweise specifisch eigenthümlichen Prädicate treten in jenen Axiomen keineswegs direct zu Tage.

Ausserdem ist noch hervorzuheben, dass alle empirischen Massbestimmungen, welche mittelst der beiden elementaren geometrischen Massstäbe, der geraden Linie und des ebenen Winkels, möglich werden, numerisch in ganzen und gebrochenen Zahlen ausdrückbar sind, denn in Folge der endlichen Grösse unserer Gesichtsbezirke lässt sich weder die Theilung einer gegebenen Strecke, noch jene eines gegebenen Winkels beliebig weit fortsetzen. Allerdings werden die Grenzen, bis zu welchen wir hiebei vordringen können, mit der fortschreitenden Verbesserung unserer Mikroskope im Laufe der Zeit weiter hinausgeschoben werden, allein der Umstand, dass gegenwärtig noch keine definitive Grenze für die empirische Theilung jener geometrischen Massstäbe präcisirbar ist, erlaubt keineswegs den Schluss, dass eine solche Grenze überhaupt nicht existirt.

Anders verhält es sich mit der arithmetischen Theilbarkeit der erhaltenen Masszahlen, indem wir nach Einführung gebrochener Zahlen jeder beliebigen Zahl eine kleinere gegenüberstellen können. In der Fortsetzung dieser Operation stossen wir auf keine wie immer geartete Schranke und gelangen so schliesslich zu dem Grenzbegriffe unendlich kleiner Zahlen, d. h. von Zahlen, die kleiner sind als jede noch so klein angenommene Zahl.

Dass nun derartige Zahlen dessenungeachtet als Grössen gedacht werden können, erscheint darin begründet, dass in uns, kraft den an die Spitze unserer physiologisch-psychologischen Erwägungen gestellten Thatsachen, Vorstellungen von Orten ohne jede bestimmte Ausdehnung vorhanden sind. Sobald wir also einen Ort nicht mehr als Ort in unserem Sinnenraume, sondern als innere Gestaltung denken, können wir demselben auch eine nach allen Richtungen unendlich kleine Ausdehnung zuschreiben, d. h. ihn als idealen Punkt denken.

Derartige ideale Punkte lassen sich nunmehr in Folge der Unabhängigkeit eines Theiles unserer Ortsvorstellungen vom Sinnenraume auch nach **anderen** Gesetzen als nach jenen der Euklid'schen Geometrie einander zuordnen, so dass ausser der genannten Geometrie noch andere in sich widerspruchsfreie Geometrien auf mathematischem Wege entwickelt werden können, an deren Grössenbegriffe jedoch nur die Forderung ihrer **Denkbarkeit** zu stellen ist, ohne

dass man hieraus auf die Anschaulichkeit, **geschweige denn** auf die Wirklichkeit der definirten Grössen schliessen dürfte.[21])

Da übrigens unsere Sehnerven im wachen Zustande fortwährend erregt sind, verknüpfen wir mit der Vorstellung des idealen Punktes zumeist unwillkürlich jene eines sichtbaren Punktes, und verfallen, indem wir die erstere Vorstellung nur durch Abstraction von der letzteren wieder herstellen können,[22]) leicht dem Irrthume, es sei auch jeder Inbegriff idealer Punkte, respective jede ideale Mannigfaltigkeit überhaupt nur eine Abstraction, nicht aber eine, vielleicht uns allein eigenthümliche, selbstständige Schöpfung unseres Geistes.

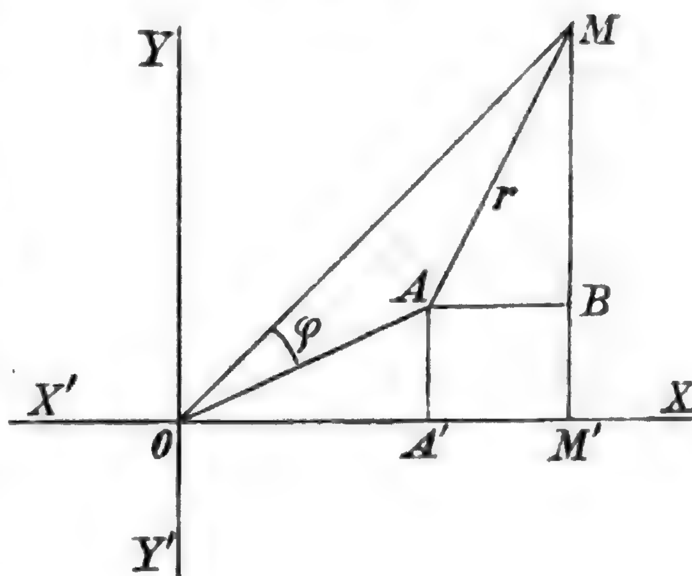
Anderseits vervollständigt gerade die **logische** Möglichkeit, Mannigfaltigkeiten von Punkten zu denken, welche anders als unser Sinnenraum geartet sind, unsere Einsicht in die empirische Natur unserer Raumvorstellungen, weil die letzteren hiedurch den Charakter einer a priori nothwendigen Form aller äusseren Anschauung definitiv verlieren.

Es erscheint mir daher in Anbetracht dieser Thatsache angemessen, hier wenigstens den Begriff einer einzigen idealen Mannigfaltigkeit so weit zu entwickeln, als dies mit völlig elementaren Hilfsmitteln möglich ist, wenngleich wir hiermit ein Gebiet mathematischer Forschung betreten, welches, wie Helmholtz sich ausdrückt,[23]) „eine höhere Kraft der Abstraction in Anspruch nimmt als fast irgend ein anderes“.

Da ferner unter allen derartigen Mannigfaltigkeiten in erster Linie die vierfach ausgedehnte[24]) dem Interesse von Nichtmathematikern insoferne näher gerückt worden ist, als die Thatsache ihrer Denkbarkeit anlässlich der Interpretation gewisser spiritistischer Knotenexperimente[25]) zur Aufstellung der Hypothese eines wirklich existirenden „vierdimensionalen Raumes“ verleitet hat,[26]) mag speciell der mathematische Begriff dieser höheren Mannigfaltigkeit im Folgenden näher präcisirt werden.

Wir gelangen hiezu am leichtesten mittelst einer vergleichenden Betrachtung jener analytisch-geometrischen Definitionen der Ebene und des Raumes,[27]) welche die wesentliche Grundlage einerseits der analytischen Geometrie der Ebene, anderseits der analytischen Raumgeometrie bilden.

Fig. 1.



Denken wir uns zunächst in einer gegebenen **Ebene zwei** einander rechtwinklig durchschneidende gerade Linien: XX', YY' (siehe die schematische Fig. 1) gezogen, so ist die Lage jedes Punktes dieser Ebene in Bezug auf die letzteren vollständig bestimmt, wenn man seine **beiden** rechtwinkligen Coordinaten, d. h. die Ab-

stände des Punktes von den zwei als Coordinatenaxen bezeichneten Geraden XX', YY' kennt. Sind dann speciell OA', $A'A$; OM', $M'M$ die Coordinaten zweier derartiger Punkte A und M, so lässt sich deren Distanz: r, wie die Ziehung der zu OX parallelen Hilfslinie AB unmittelbar ersichtlich macht, stets als Hypothenuse eines bei B rechtwinkligen Dreieckes auffassen, in welchem die Coordinatendifferenzen:

$$OM' - OA' = AB, \quad M'M - A'A = BM$$

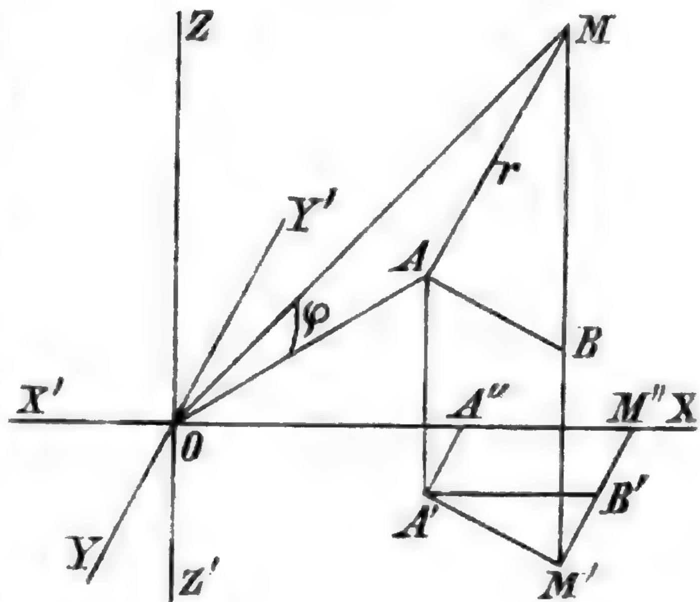
als Katheten auftreten. Da nun kraft des allbekannten Pythagoräischen Lehrsatzes das Quadrat der Hypothenuse jedes rechtwinkligen ebenen Dreieckes der Summe der Quadrate seiner beiden Katheten gleich ist, erhalten wir für jene **zweifach ausgedehnte** Mannigfaltigkeit von Punkten, deren Gesammtheit die in Betracht gezogene Ebene constituirt, die nachstehende analytisch-geometrische Definition:

Die **Ebene** ist eine Mannigfaltigkeit, in welcher jede Ortsbestimmung in Bezug auf **zwei** einander rechtwinklig durchschneidende gerade Linien **zwei** Grössenbestimmungen erfordert, und das Quadrat der Entfernung zweier beliebiger Punkte durch die Summe der Quadrate von **zwei** Coordinatendifferenzen ausdrückbar ist.[28])

Eine analoge Charakteristik ergibt sich im Anschlusse hieran auch für den Raum. — Denken wir uns nämlich durch irgend einen Punkt: O im **Raume drei** einander rechtwinklig durchschneidende gerade Linien: XX', YY', ZZ' (siehe die schematische Fig. 2)

gezogen, so erscheint die Lage jedes anderen Raumpunktes in Bezug auf die letzteren durch Angabe seiner **drei** rechtwinkligen Coordinaten, das heisst jener Abstände vollkommen bestimmt, welche der betreffende Punkt von den drei durch die sogenannten Coordinatenaxen: XX', YY', ZZ' präcisirten Ebenen: XOY, XOZ, YOZ besitzt. Sind dann speciell: OA'', $A''A'$, $A'A$; OM'', $M''M'$, $M'M$ die Coordinaten zweier beliebig gewählter Raumpunkte A und M, so genügt die Ziehung dreier Hilfslinien, und zwar der zu OX parallelen, mithin $M''M'$ in B' rechtwinklig treffenden Geraden $A'B'$, ferner der Verbindungslinie $A'M'$ der Fusspunkte beider, auf der Ebene XOY senkrecht stehenden Coordinaten $A'A$ und $M'M$, endlich der zu $A'M'$ parallelen Geraden AB, um zu erkennen, dass sich das Quadrat der Distanz r jener zwei Raumpunkte hier gleichfalls durch Quadrate von Coordinatendifferenzen ausdrücken lässt. Denn da $A'M'$ als eine der Ebene XOY angehörige, durch den Fusspunkt von $M'M$ gezogene Gerade mit $M'M$ einen rechten Winkel einschliesst, und AB gemäss seiner Construction zu $A'M'$ parallel läuft, ist das Quadrat von r

Fig. 2.



offenbar gleich dem Quadrate der Coordinatendifferenz:

$$M'M - A'A = BM,$$

vermehrt um das Quadrat von AB, welches zufolge der Gleichheit von AB und $A'M'$ seinerseits wieder durch die Summe der Quadrate der Coordinatendifferenzen:

$$OM'' - OA'' = A'B', \quad M''M' - A''A' = B'M'$$

ersetzt werden kann. Die vorstehenden Ueberlegungen begründen sonach für jene **dreifach ausgedehnte** Mannigfaltigkeit von Punkten, deren Inbegriff den Raum bildet, folgende analytisch-geometrische Definition:

Der **Raum** ist eine Mannigfaltigkeit, in welcher jede Ortsbestimmung in Bezug auf **drei** einander rechtwinklig durchschneidende gerade Linien **drei** Grössenbestimmungen erheischt, und das Quadrat der Entfernung zweier beliebiger Punkte durch die Summe der Quadrate von **drei** Coordinatendifferenzen ausdrückbar ist.[29])

Indem wir nunmehr die hier abgeleiteten Definitionen der Ebene und des Raumes mit einander vergleichen, zeigt sich, dass einerseits die Ortsbestimmung in beiden Mannigfaltigkeiten auf völlig analoge Art erfolgt, anderseits auch die Beziehung, welche zwischen dem Quadrate der Entfernung zweier Punkte und den Quadraten ihrer Coordinatendifferenzen stattfindet, beim Uebergange von der zweifach zur dreifach ausgedehnten Mannigfaltigkeit ihre Form beibehält, und dass hiebei nur die Anzahl der zu bildenden Coordinatendifferenzen mit den Coordinaten beider Punkte von 2 auf 3 steigt.

Es liefern daher unsere letzten Bemerkungen zugleich eine sichere Directive für die Bildung des analytisch-geometrischen Begriffes der **vierfach ausgedehnten** Mannigfaltigkeit. Wir werden dieselbe als eine Mannigfaltigkeit idealer Punkte zu definiren haben, in welcher jede Ortsbestimmung **vier** Grössenbestimmungen erfordert, und das Quadrat der Entfernung zweier Punkte durch die Summe der Quadrate von **vier** Coordinatendifferenzen ausdrückbar ist.[30]) Da wir uns jedoch zufolge unserer körperlichen Organisation **vier** einander in einem Punkte **senkrecht** durchschneidende gerade Linien nicht mehr **anschaulich** vorstellen können, lässt sich auch die eben präcisirte Mannigfaltigkeit zwar analog wie die Ebene und der Raum analytisch-geometrisch definiren, aber im Gegensatze zu den genannten Mannigfaltigkeiten nicht mehr anschaulich vorstellen. Dasselbe gilt von allen jenen, in der vierfach ausgedehnten Mannigfaltigkeit angenommenen Gebilden, welchen sich keine congruenten Gebilde in der Ebene oder im Raume zuordnen lassen, so dass auch die Fragen nach den denkbaren Formveränderungen derartiger Gebilde zumeist keiner anschaulichen Interpretation fähig sind, sondern nur auf analytisch-geometrischem Wege[31]) erledigt werden können.

Hiebei gewinnt man nun eine Reihe hochinteressanter Resultate, welche gerade durch den Gegensatz, in welchen sie zu den landläufigen Auffassungen analoger Probleme im Bereiche unserer geometrischen

Anschauung treten, neue Gesichtspunkte für eine vollständige Charakteristik der letzteren eröffnen und daher trotz ihres rein theoretischen Inhaltes insoferne eine praktische Bedeutung erhalten, als sie bisher unbeachtet gebliebene Eigenthümlichkeiten unserer empirischen Raumvorstellungen[32]) klar hervortreten lassen. Theoretische Ergebnisse solcher Art sind in erster Linie die folgenden:

(A) In der vierfach ausgedehnten Mannigfaltigkeit liesse sich in jedem beliebigen körperlichen Ringe ohne Ausführung eines Querschnittes ein Knoten erzeugen.[33])

(B) Körper, welche sich hinsichtlich ihrer Formen wie die rechte zur linken Hand verhalten, könnten durch einen rein geometrischen Bewegungsvorgang in einander congruente Gebilde verwandelt werden.

(C) Man könnte in der genannten Mannigfaltigkeit unendlich viele geschlossene Flächen construiren, die durch einen in sich selbst zurücklaufenden Schnitt in zwei Hälften von gleichem Umfange und Inhalte, im Uebrigen aber von verschiedener geometrischer Beschaffenheit, zerfallen würden.

Jeder der drei hier angegebenen Transformationen entsprechen nämlich, wie eine eingehende Discussion derselben lehrt, nach Hinzufügung gewisser näherer Bestimmungen analoge Umformungen von Gebilden im empirischen Raume, wobei sich zugleich anschauliche Lösungen geometrischer Probleme ergeben,

welche, ohne nennenswerthe mathematische Vorkenntnisse zu beanspruchen, gerade die Ausbildung unseres räumlichen Vorstellens nicht unwesentlich zu fördern vermögen. In diesem Sinne repräsentiren die jetzt noch folgenden Betrachtungen gewissermassen eine concrete Ergänzung zu den früher gepflogenen abstracten Untersuchungen, und mag nunmehr, um Kürze mit Uebersichtlichkeit zu verbinden, eine vorwiegend schematische Form der Darstellung [34]) platzgreifen.

I. Die Transformation (A) im Raume.

Eine präcise Charakteristik der diese Transformation ermöglichenden geometrischen Experimente erfordert vor Allem die Einführung der Hilfsbegriffe: positive, beziehungsweise negative Drehung um 1×180^0, 2×180^0, 3×180^0 etc., welche sich ohne Schwierigkeit in gemeinfasslicher Weise erläutern lassen.

Man verwendet hiezu am besten einen rechteckigen Papierstreifen, in dessen Ecken auf seiner oberen und unteren Fläche beispielsweise nach dem Muster der schematischen Fig. 1 auf Tafel I die Ziffern 1, 2, 3, 4 geschrieben werden mögen, wobei jede Ecke beiderseits mit derselben Ziffer zu versehen ist. Biegt man hierauf die beiden Enden des Streifens in der durch die schematische Fig. 2 auf Tafel I versinnlichten Art gegen einander und verdreht dessen rechtseitiges Ende so lange, bis die Ecken (1) und (4), (2) und (3) zum ersten Male nebeneinander zu liegen

kommen, so hat man eine Drehung um 1×180^0 ausgeführt. Ich nenne dieselbe positiv (+), wenn sie im Sinne des Pfeiles *(p)*, negativ (—), wenn sie im entgegengesetzten Sinne vorgenommen worden ist. Durch Verdopplung, Verdreifachung etc. der eben charakterisirten Drehung lässt sich analog eine Verdrehung des rechtseitigen Endes um 2×180^0, 3×180^0 etc. erzeugen; sie wird als positiv oder negativ zu bezeichnen sein, je nachdem sie aus einer Verdopplung, Verdreifachung etc. einer positiven oder negativen Drehung um 1×180^0 hervorgegangen ist.

Die Vereinigung beider Enden des Streifens [35]) liefert natürlich stets einen ringförmig geschlossenen knotenfreien Streifen, dessen Gesammttorsion *(T)* mit jener des rechtseitigen Endes des ungeschlossenen Streifens übereinstimmt. Handelt es sich also umgekehrt um den Nachweis einer bestimmten Gesammttorsion in einem ringförmig geschlossenen knotenfreien Streifen, so verwandle man denselben mittelst eines seine ganze Breite durchsetzenden Querschnittes in einen Streifen mit zwei freien Enden und verdrehe dessen rechtseitiges Ende bei negativem T in positivem, bei positivem T in negativem Sinne um jenes Vielfache von 180^0, welches für T angegeben wurde. War die betreffende Angabe richtig, so müssen nach Vollendung dieser Operation sämmtliche Torsionen aus dem Streifen verschwunden sein. Ebenso einfach gestaltet sich die Prüfung der Gesammttorsion eines ringförmig geschlossenen Streifens, falls derselbe einen Knoten von dem

Habitus der schematischen Figuren 17, 18 auf Tafel I, oder 1, 2 auf Tafel III besitzt. Schneidet man nämlich den Streifen unmittelbar neben den Umschlingungen des Knotens quer durch und zieht jenen Theil des Streifens, welcher die Umschlingungen trägt, ohne Drehung aus den letzteren heraus, so hat man den vorgelegten Streifen ohne Aenderung seiner Gesammttorsion in einen knotenlosen Streifen mit zwei freien Enden transformirt, dessen Gesammtverdrehung wieder in der zuvor beschriebenen Weise controlirt werden kann.

Dies vorausgeschickt, mag zunächst eine Beschreibung und graphische Erklärung der einfachsten Erscheinungen, welche ringförmig geschlossene, verdrehte Streifen bei längs ihren Mittellinien in sich selbst zurücklaufenden Längsschnitten zeigen, in schematischer Form gegeben werden.

1. $T = \pm 1 \times 180^0$: Es entsteht durch Ausführung des Schnittes längs der Mittellinie ein einziger ringförmig geschlossener Streifen, dessen Gesammtverdrehung mit jener des ursprünglichen Streifens gleichsinnig ist und ihrem absoluten Werthe nach 4×180^0 beträgt. Um sich dieses Ergebniss auf graphischem Wege verständlich zu machen, gehe man von der Thatsache aus, dass die Grenzen des gegebenen Streifens in Folge der Vereinigung der Ecken (1) und (4), (2) und (3) eine einzige geschlossene Curve bilden,[36]) deren Verlauf sich für $T = + 1 \times 180^0$ durch Fig. 3 (Tafel I), für $T = - 1 \times 180^0$ durch

Fig. 5 schematisch veranschaulichen lässt. Da nun der in der Mittellinie des Streifens geführte Längsschnitt dessen Ränder natürlich nirgends treffen kann und nach einem einzigen Umlaufe in sich selbst zurückkehrt, erhält man in beiden Fällen einen einzigen ringförmig geschlossenen Streifen, dessen Grenzen durch die Randcurve des ursprünglichen Streifens und die Schnittlinie gebildet werden. Vor Ausführung des Schnittes besitzt jede der beiden Hälften des Streifens eine Torsion um 180^0, indem jedoch dessen ursprüngliche Randcurve nach Vollendung des Schnittes im ersten Falle nach dem Muster von Fig. 4 Tafel I, im zweiten nach jenem von Fig. 6 Tafel I aufklappt, und hiedurch die Beseitigung der jetzt zwischen den beiden Hälften des Streifens vorhandenen Ueberkreuzung möglich wird, treten zu den erwähnten zwei Torsionen um je 180^0 in Folge des letzteren Processes zwei weitere gleichsinnige Torsionen um je 180^0 hinzu, so dass der absolute Betrag der Gesammtverdrehung im neu erzeugten Streifen auf 4×180^0 steigt.

An die hier gegebene elementare Erläuterung des ersten und zweiten Experimentes knüpft sich ausserdem noch eine theoretische Folgerung, deren Kenntniss speciell zur graphischen Erklärung des letzten in diesem Vortrage zu besprechenden geometrischen Experimentes unerlässlich ist. Da sich nämlich die Figuren 4 und 6 lediglich durch die zwischen ihren Hälften auftretenden Ueberkreuzungen unterscheiden,

so bildet eine Ueberkreuzung zweier Theile eines und desselben geschlossenen Streifens gemäss unseren letzten Bemerkungen das charakteristische Aequivalent für eine Torsion um $+ 2 \times 180^0$, respective um $- 2 \times 180^0$, je nachdem sie mit der als positiv zu bezeichnenden Ueberkreuzung in Fig. 4 oder mit der negativen Ueberkreuzung in Fig. 6 gleichsinnig ist. Es kann daher auch umgekehrt eine Torsion um $+ 2 \times 180^0$ als positive Ueberkreuzung, eine solche um $- 2 \times 180^0$ als negative Ueberkreuzung zweier Streifentheile auftreten, welcher Satz sich unter Anderem durch Flachdrücken eines um $+ 2 \times 180^0$, respective um $- 2 \times 180^0$ verdrehten, ringförmig geschlossenen Streifens besonders anschaulich demonstriren lässt.

2. $T = \pm 2 \times 180^0$: Man erhält zwei ringförmig geschlossene Streifen in derartiger Verbindung, dass jeder von beiden auf einem unverdrehten Theile des anderen Streifens einmal aufgehangen werden kann (Fig. 11, 12 auf Tafel I). Hiebei lässt sich die Aufhängung sowohl für $T = + 2 \times 180^0$, als auch für $T = - 2 \times 180^0$ entweder im Sinne der schematischen Fig. 11 oder im entgegengesetzten Sinne (Fig. 12) vornehmen; es erscheint übrigens im Hinblick auf die weiteren Experimente geboten, speciell die erste Aufhängung der Verdrehung um $+ 2 \times 180^0$, hingegen jene im Sinne der Fig. 12 der Verdrehung um $- 2 \times 180^0$ zuzuordnen. Jeder der beiden Streifen zeigt dieselbe Gesammtverdrehung wie der ursprüngliche Streifen

und kann von dem andern erst nach einem dessen ganze Breite durchsetzenden Querschnitte isolirt werden. — Um sich dieses Ergebniss auf graphischem Wege verständlich zu machen, gehe man von der Thatsache aus, dass die Grenzen des gegebenen Streifens hier in Folge der Vereinigung der Ecken (1) und (3), (2) und (4) durch zwei geschlossene Curven gebildet werden, deren Verlauf sich für $T = + 2 \times 180^0$ durch Fig. 7, für $T = - 2 \times 180^0$ durch Fig. 9 schematisch veranschaulichen lässt. Es theilt daher die Mittellinie des Streifens denselben stets in zwei Hälften, deren äussere Ränder *(m)* und *(n)* keinen einzigen gemeinsamen Punkt besitzen, so dass der in dieser Mittellinie in sich selbst zurückkehrende Längsschnitt in beiden Fällen je zwei geschlossene Streifen liefern muss, deren Gesammtverdrehungen mit jenen übereinstimmen, welche die Hälften des ursprünglichen Streifens besassen, das heisst im ersten Falle je $+ 2 \times 180^0$, im zweiten je $- 2 \times 180^0$ betragen. Da ferner die Grenzcurven *(m)* und *(n)*, sobald sie in Folge der Vollendung des erwähnten Schnittes nicht mehr einem einzigen Streifen angehören, augenscheinlich stets die durch die Figuren 8 und 10 (Tafel I) charakterisirten Lagen einnehmen können, lassen sich auch die diesen Grenzcurven zugehörigen Hälften des ursprünglichen Streifens in dieselben Lagen bringen, womit speciell die einmalige Aufhängung des einen Streifens auf dem andern ihre Erklärung gefunden hat.

3. $T = \pm 3 \times 180^0$: Es entsteht ein einziger ringförmig geschlossener Streifen mit einem längs desselben verschiebbaren Knoten, welcher sich auf gewöhnlichem Wege dadurch herstellen lässt, dass man die rechtseitige Hälfte eines ungeschlossenen Streifens einmal um die linkseitige windet und dessen rechtseitiges Ende durch die anfänglich gebildete Schlinge hindurchzieht (Fig. 17, 18 auf Tafel I). Hiebei erfolgt die Knotenbildung speciell für $T = + 3 \times 180^0$ im Sinne der schematischen Fig. 17, hingegen für $T = - 3 \times 180^0$ in jenem von Fig. 18, ohne dass eine Transformation des ersten Knotens in den zweiten oder umgekehrt möglich ist. — Um dieses interessante Ergebniss graphisch zu erklären, stütze man sich auf die Thatsache, dass die Grenzen des gegebenen Streifens hier ebenso wie für $T = \pm 1 \times 180^0$ eine einzige geschlossene Curve bilden, deren Verlauf für $T = + 3 \times 180^0$ durch Fig. 13 (Tafel I), für $T = - 3 \times 180^0$ durch Fig. 15 (Tafel I) schematisch darstellbar ist. Es entsteht mithin durch Ausführung des in der Mittellinie des Streifens[37]) in sich selbst zurückkehrenden Längsschnittes aus denselben Gründen wie bei einem ringförmig geschlossenen einmal verdrehten Bande in beiden Fällen ein einziger ringförmig geschlossener Streifen. Indem ferner die Randcurve des ursprünglichen Streifens nach Vollendung des Schnittes im ersten Falle nach dem Muster von Fig. 14 (Tafel I), im zweiten nach jenem von Fig. 16 aufklappt, verschlingen

sich nunmehr die beiden Hälften des Streifens augenscheinlich conform mit dessen ursprünglicher Randcurve, so dass der Sinn, in welchem die Knotenbildung vor sich geht, bereits durch den Verlauf dieser Randcurve bestimmt wird. — Schliesslich überzeugt man sich nach der früher gegebenen Anleitung leicht, dass die Gesammtverdrehung des zerschnittenen Streifens im ersten Falle $+ 8 \times 180^0$, im zweiten $- 8 \times 180^0$ beträgt.

4. $T = \pm 4 \times 180^0$: Man erhält zwei ringförmig geschlossene Streifen in derartiger Verbindung, dass jeder von beiden auf einem unverdrehten Theile des anderen Streifens zweimal aufgehangen werden kann (Fig. 23, 24 auf Tafel I). Hiebei erfolgen die Aufhängungen speciell für $T = + 4 \times 180^0$ im Sinne der schematischen Fig. 23, hingegen für $T = - 4 \times 180^0$ in jenem von Fig. 24, ohne dass eine Transformation der ersten Aufhängungsweise in die zweite oder umgekehrt möglich ist. Jeder der beiden Streifen zeigt dieselbe Gesammtverdrehung wie der ursprüngliche Streifen und kann von dem anderen erst nach einem dessen ganze Breite durchsetzenden Querschnitte isolirt werden. — Um diese Erscheinungen graphisch zu erläutern, gehe man von der Thatsache aus, dass die Grenzen des ursprünglichen Streifens hier ebenso wie für $T = \pm 2 \times 180^0$ durch zwei geschlossene Curven gebildet werden, deren Verlauf sich für $T = + 4 \times 180^0$ durch Fig. 19, für $T = - 4 \times 180^0$ durch Fig. 21 schematisch wieder-

geben lässt. Es entstehen daher nach Ausführung des in der Mittellinie des Streifens in sich selbst zurückkehrenden Längsschnittes aus denselben Ursachen wie bei einem ringförmig geschlossenen zweimal verdrehten Bande in beiden Fällen je zwei geschlossene Streifen, deren Gesammtverdrehungen jenen gleich sind, welche die Hälften der ursprünglichen Streifen besassen, d. h. im ersten Falle je $+ 4 \times 180^0$, im zweiten je $- 4 \times 180^0$ betragen. Da ferner die Grenzcurven *(m)* und *(n)*, sobald sie in Folge der Vollendung des Schnittes nicht mehr einem einzigen Streifen angehören, augenscheinlich stets die durch die Figuren 20 und 22 (Tafel I) charakterisirten Lagen einnehmen können, lassen sich auch die diesen Grenzcurven zugehörigen Hälften des ursprünglichen Streifens in dieselben Lagen bringen, womit speciell die Erklärung der zweimaligen Aufhängung des einen Streifens auf dem anderen gegeben ist.

5. $T = \pm 5 \times 180^0$: Es entsteht ein einziger ringförmig geschlossener Streifen mit einem längs desselben verschiebbaren Knoten, welcher sich auf gewöhnlichem Wege dadurch erzeugen lässt, dass man die rechtseitige Hälfte des ungeschlossenen Streifens zweimal um die linkseitige windet und dessen rechtseitiges Ende durch die anfänglich gebildete Schlinge hindurchzieht (Fig. 1, 2 auf Tafel III). Hiebei erfolgt die Knotenbildung speciell für $T = + 5 \times 180^0$ im Sinne der schematischen Fig. 1, hingegen für $T = - 5 \times 180^0$ in jenem von Fig. 2, ohne dass es

möglich ist, die so erhaltenen Knoten in einander umzuformen. — Die graphische Erklärung dieser Erscheinungen ist jener des fünften und sechsten Experimentes vollkommen analog, und auch die Bestimmung der Gesammtverdrehungen der neu erzeugten Streifen auf dieselbe Art durchführbar wie für $T = \pm 3 \times 180^0$. Man überzeugt sich dann leicht, dass die Gesammtverdrehung des zerschnittenen Streifens für $T = + 5 \times 180^0$ auf $+ 12 \times 180^0$, für $T = - 5 \times 180^0$ auf $- 12 \times 180^0$ gestiegen ist.

Aus den hier mitgetheilten und erläuterten speciellen Experimenten resultiren jetzt die beiden nachstehenden allgemeinen[38]) Schlüsse:

(a) Ist die Zahl: Z der in dem gegebenen verdrehten Streifen vorhandenen Torsionen um je 180^0 eine ungerade, so liefert der in der Mittellinie des Streifens in sich selbst zurücklaufende Längsschnitt, sobald Z gleich oder grösser als 3 ist, stets einen einzigen ringförmig geschlossenen Streifen mit einem Knoten, welcher ebensoviele Windungen besitzt, als die Hälfte der um 1 verminderten Zahl: Z Einheiten enthält. Zugleich wächst die Anzahl der Torsionen in dem zerschnittenen Streifen auf einen Betrag, welcher regelmässig durch Verdopplung der um 1 vermehrten Zahl: Z gefunden wird.

(b) War jedoch der gegebene Streifen mit einer geraden Anzahl: Z von Torsionen versehen, so werden durch Ausführung des erwähnten Längsschnittes immer zwei ringförmig geschlossene, ineinander

hängende Streifen erzeugt, deren Verbindung aus ebensovielen *Aufhängungen* besteht, als die Hälfte der Zahl: Z Einheiten aufweist. Hiebei besitzen die neu erzeugten Streifen stets *dieselbe* Gesammtverdrehung wie der ursprüngliche Streifen.

Die directe Verwerthbarkeit dieser Ergebnisse zu einer *anschaulichen* Lösung des Problems: In einen beliebigen körperlichen Ring *ohne Ausführung eines Querschnittes* einen Knoten zu machen — geht nunmehr aus der Thatsache hervor, dass bei Verwandlung eines ringförmig geschlossenen *unverdrehten* Streifens in einen ringförmig geschlossenen *verdrehten* Streifen dessen Mittellinie *dieselbe* bleibt, und die den aufeinanderfolgenden Punkten der Ränder des unverdrehten Streifens correspondirenden Randpunkte des verdrehten Streifens zwar ihre Lagen gegen die Mittellinie, *nicht aber ihre Abstände* von der letzteren verändert haben. Es lassen sich daher die Randcurven der hier besprochenen verdrehten Streifen zugleich als Linien auf der *Oberfläche* eines körperlichen Ringes von kreisförmigem Querschnitte betrachten, dessen Mittellinie mit jenen der Streifen übereinstimmt, und dessen Querschnittsradien der halben Streifenbreite entsprechen. Führt man also durch einen derartigen Ring einen in seiner Mittellinie fortlaufenden Schnitt,[39]) bei welchem die Achse des schneidenden Instrumentes *in einem einzigen Umlaufe* um irgend ein ganzes Vielfaches von 180^{0} gedreht wird, so verhalten sich die beiden Hälften des zerschnittenen

Ringes ebenso zu einander wie jene eines zerschnittenen Streifens, dessen Gesammtverdrehung durch dasselbe Vielfache von 180^0 bestimmt erscheint.

Hieraus folgt, dass das in Betracht gezogene Problem auch eine unbegrenzte Reihe anschaulicher Lösungen besitzt, deren einfachste dadurch gewonnen wird, dass man die Achse des schneidenden Instrumentes während des Schnittes speciell um 3×180^0 dreht (Tafel II). — In diesem Falle entsteht nämlich ein Knoten mit einer einzigen Windung, während bei einer Achsendrehung um ein höheres ungerades Vielfaches von 180^0 immer Knoten mit zwei und mehr Windungen erzeugt werden.[40])

II. Die Transformation (B) im Raume.

Da die Formen der rechten und linken Hand [41]) sich zu einander geometrisch wie die Gestalt eines gegebenen Objectes zum Spiegelbilde seiner Rückseite verhalten, hängt die theilweise Ausführbarkeit der Transformation (B) in unserem empirischen Raume davon ab, irgend welche geschlossene materielle Gebilde herzustellen, die einander in dem eben präcisirten Sinne entsprechen und zugleich eine derartige Biegsamkeit besitzen, dass die geforderte Umwandlung ohne jede partielle Unterbrechung des Zusammenhanges ihrer einzelnen Theile durchgeführt werden kann. Solche materielle Gebilde lassen sich nun in der That in unbegrenzter Anzahl construiren, besitzen jedoch mit Ausnahme der beiden auf Tafel III schematisch

abgebildeten geschlossenen Flächen ziemlich complicirte Formen, so dass wir uns hier mit einer kurzen Anleitung zur Transformation der letzteren Flächen in einander begnügen wollen.

Wir gehen hiebei am zweckmässigsten von der in Fig. 3 (Tafel III) dargestellten Fläche aus, deren Verschlingung sich aus einem Knoten und einer Aufhängung nach dem Muster der Figuren 17 und 11 zusammensetzt, während dem Spiegelbilde der Rückseite der Fläche (Fig. 4) augenscheinlich ein Knoten und eine Aufhängung nach dem Muster der Figuren 18 und 12 zukommen. — Vorerst drehe man die rechte Ecke des Knotens der umzuformenden Fläche gegen sich und bilde hierauf aus den zwei in dieser Ecke zusammenstossenden Streifentheilen die Knotenwindung der neuen Fläche, wobei derselbe Streifentheil, welcher ursprünglich von der Windung des ersten Knotens umschlungen wurde, nunmehr die rechte Hälfte der Windung des neuen Knotens, beziehungsweise die linke Hälfte für die der zweiten Verschlingung charakteristische Aufhängung zu liefern hat. Die Erfüllung dieser Forderung erheischt natürlich die Einbiegung neuer Ecken in die Fläche, wobei man mit der Herstellung der obersten Knotenecke nach dem Muster der Fig. 4 beginnt und die gleichzeitig in zwei verschiedenen Streifentheilen auftretenden Torsionen längs des Streifens bis zur wechselseitigen Aufhebung gegeneinander schiebt. Man erhält so ohne besondere Schwierigkeit das gewünschte Spiegelbild der Rückseite der

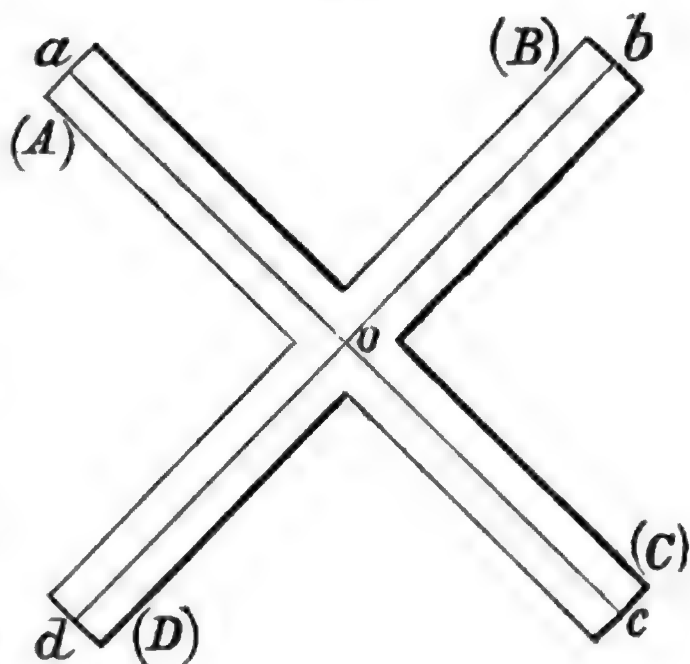
ursprünglichen Fläche, deren Unterseite jetzt dessen Oberseite bildet, wovon man sich sehr leicht überzeugen kann, indem man vor Ausführung der Transformation an irgend einer Stelle der Oberseite der ursprünglichen Fläche eine Marke anbringt. Dreht man jedoch die Basis der neuen Verschlingung an einer beliebigen Stelle um 180°, fixirt die letztere und verschiebt dann die rechter Hand auftretende Torsion unter vorübergehender Aufbiegung der Ecken durch die Verschlingung hindurch in den unverschlungenen Theil des Streifens, so wird diese Torsion bei fortgesetzter Annäherung an die gleichzeitig links von der fixirten Stelle hervorgebrachte entgegengesetzte Torsion aufgehoben, d. h. man kann die transformirte Fläche auf solche Art schliesslich auch mit derselben Oberseite versehen wie die ursprüngliche Fläche.[42])

III. Die Transformation (C) im Raume.

Während die Ausführung der Transformation **(B)** im empirischen Raume selbst in dem vorhin beschriebenen einfachen Specialfalle einiges Verständniss für geometrische Formen voraussetzt, kann die Transformation **(C)** an unbegrenzt vielen Gebilden ohne irgendwelche geometrische Schulung anschaulich vollzogen, ja in einigen Fällen auch auf graphischem Wege gemeinfasslich erklärt werden. — Wir beschränken uns hier auf die Mittheilung des einfachsten Verfahrens, eine geschlossene materielle Fläche von der

gewünschten Beschaffenheit herzustellen, und construiren dem entsprechend zunächst ein Streifenkreuz von der in Fig. 3 dargestellten Form, worauf wir das Ende *(C)* vor seiner Vereinigung mit *(A)* von *(D)* gegen *(B)* hin, ferner das Ende *(B)* vor seiner Vereinigung mit *(D)* von *(C)* gegen *(A)* hin um je 1×180^0 drehen.

Fig. 3.



Das so entstandene geschlossene Gebilde ist augenscheinlich als ein Complex von zwei um je $+ 1 \times 180^0$ verdrehten, ringförmig geschlossenen Streifen zu betrachten, deren Ränder demnach (man vergleiche die schematische Fig. 3 auf Tafel I) stets übereinstimmend mit den Doppellinien der Fig. 1 auf Tafel IV verlaufen. Sobald man nun die Fläche halbirt, d. h. die beiden sie constituirenden Streifen längs ihren Mittellinien *a c* und *b d* vollständig zerschneidet, erhält man zwei von einander isolirte Hälften, von welchen die eine der Randcurve mit der Ueberkreuzung: *u* (Fig. 2, Tafel IV), die andere der Randcurve mit der Ueberkreuzung: *u'* (Fig. 3, Tafel IV) zugehört. Die Ueberkreuzung *u* ist mit jener in Fig. 4 auf Tafel I, die Ueberkreuzung *u'* dagegen mit jener in Fig. 6 auf Tafel I

gleichsinnig, d. h. es besitzt die eine Hälfte eine positive, die andere eine negative Ueberkreuzung zweier Streifentheile, deren Beseitigung kraft eines früheren Satzes die Gesammtverdrehung der einen Hälfte um 2×180^0 erhöht, jene der anderen Hälfte um 2×180^0 vermindert. Hieraus geht hervor, dass die beiden Hälften der Fläche, welche vor Ausführung des erwähnten Doppelschnittes nicht nur gleichen Umfang und Inhalt, sondern auch eine und dieselbe, der Summe der Torsionen beider Streifen gleichkommende Gesammtverdrehung um je $+ 2 \times 180^0$ besassen, in Folge des Schnittes insoferne eine verschiedene geometrische Beschaffenheit gewinnen, als die Gesammtverdrehung der einen Hälfte durch Verwandlung der Ueberkreuzung u in Torsionen nunmehr auf:

$$2 \times 180^0 + 2 \times 180^0 = 4 \times 180^0$$

steigt, während die andere Hälfte, deren Ueberkreuzung u' zwei Torsionen um je -1×180^0 äquivalent ist, ihre Gesammtverdrehung auf:

$$2 \times 180^0 - 2 \times 180^0 = 0$$

reducirt, d. h. jede Torsion verliert.

Schliesslich sei noch hervorgehoben, dass sich das hier beschriebene Streifenkreuz überdies zur Construction einer geschlossenen Fläche verwenden lässt, [43]) welche nach Zerschneidung der Mittellinien beider Streifen die Transformation **(B)** ermöglicht. Dreht man nämlich das Ende *(C)* vor seiner Vereinigung mit *(A)* von *(D)* gegen *(B)* hin, ferner das Ende *(B)* vor

seiner Vereinigung mit *(D)* von *(A)* gegen *(C)* hin um je 2 × 180°, so liefert jener Doppelschnitt eine einzige geschlossene und unverdrehte Fläche, deren charakteristische Verschlingung ohne Entstehung irgendwelcher Torsionen nach dem Muster von jeder der beiden Figuren 3 und 4 auf Tafel III flachgedrückt werden kann, folglich auch stets in das Spiegelbild ihrer Rückseite transformirbar ist.

Anmerkungen.

---

1. Das erste Kaleidoskop wurde 1817 von dem grossen englischen Physiker D. Brewster construirt.

2. Hiebei liegt übrigens die Reizschwelle für einzelne Sinnesempfindungen ungemein niedrig. So ergab sich beispielsweise aus der empirisch bestimmbaren Entfernung, bis zu welcher Orgelpfeifen noch hörbar sind, auf dem Wege der Rechnung, dass Hören noch stattfindet, wenn die Lufttheilchen am Ohre eine Druckschwankung von 0·018 Mm. Wasser und eine Schwingungsamplitude von 0·00004 Mm. aufweisen. (S. h. L. Hermann's Lehrbuch der Physiologie, 7. Auflage, p. 353.)

3. Bekanntlich erstreckt sich das unmittelbar sichtbare Spectrum (s. das zuvor citirte Werk, p. 395) nur von den Fraunhofer'schen Linien *A* bis *H* und umfasst demgemäss nur Schwingungen von 0·00076 bis 0·00039 Mm. Wellenlänge, so dass beispielsweise Aetherschwingungen von 0·0001 Mm. Wellenlänge keinerlei Lichtempfindung erzeugen können.

4. Damit überhaupt ein Ton und nicht getrennte Stösse gehört werden, sind 15—40 Oscillationen in der Secunde erforderlich, während den höchsten noch hörbaren Tönen 16000 bis 41000 Oscillationen in der Secunde entsprechen. Hiernach erstreckt sich die Hörfähigkeit mindestens auf $8^1/_2$ und höchstens auf $11^1/_2$ Octaven. (S. das zuvor citirte Werk, p. 354.)

5. Im Anschlusse hieran mag auf folgende Betrachtungen von H. Helmholtz (s. dessen 1879 zu Berlin im Druck erschienene Rede: „Die Thatsachen in der Wahrnehmung", p. 12, 13) verwiesen werden: „Insofern die Qualität

unserer Empfindung uns von der Eigenthümlichkeit der äusseren Einwirkung, durch welche sie erregt ist, eine Nachricht gibt, kann sie als ein Zeichen derselben gelten, aber nicht als ein Abbild. Denn vom Bilde verlangt man irgend eine Art der Gleichheit mit dem abgebildeten Gegenstande, von einer Statue Gleichheit der Form, von einer Zeichnung Gleichheit der perspectivischen Projection im Gesichtsfelde, von einem Gemälde auch noch Gleichheit der Farben. Ein Zeichen aber braucht gar keine Art der Aehnlichkeit mit dem zu haben, dessen Zeichen es ist. Die Beziehung zwischen beiden beschränkt sich darauf, dass das gleiche Object, unter gleichen Umständen zur Einwirkung kommend, das gleiche Zeichen hervorruft, und dass also ungleiche Zeichen immer ungleicher Einwirkung entsprechen.

„Der populären Meinung gegenüber, welche auf Treu und Glauben die volle Wahrheit der Bilder annimmt, die uns unsere Sinne von den Dingen liefern, mag dieser Rest von Aehnlichkeit, den wir anerkennen, sehr geringfügig erscheinen. In Wahrheit ist er es nicht; denn mit ihm kann noch eine Sache von der allergrössten Tragweite geleistet werden, nämlich die Abbildung der Gesetzmässigkeit in den Vorgängen der wirklichen Welt. Jedes Naturgesetz sagt uns, dass auf Vorbedingungen, die in gewisser Beziehung gleich sind, immer Folgen eintreten, die in gewisser anderer Beziehung gleich sind. Da Gleiches in unserer Empfindungswelt durch gleiche Zeichen angezeigt wird, so wird der naturgesetzlichen Folge gleicher Wirkungen auf gleiche Ursachen auch eine ebenso regelmässige Folge im Gebiete unserer Empfindungen entsprechen.

„Wenn Beeren einer gewissen Art beim Reifen zugleich rothes Pigment und Zucker ausbilden, so werden in unserer Empfindung bei Beeren dieser Form rothe Farbe und süsser Geschmack sich immer zusammenfinden.

„Wenn also unsere Sinnesempfindungen in ihrer Qualität auch nur Zeichen sind, deren besondere Art ganz von

unserer Organisation abhängt, so sind sie doch nicht als leerer Schein zu verwerfen, sondern sie sind eben Zeichen von Etwas, sei es etwas Bestehendem oder Geschehendem, und, was das Wichtigste ist, das Gesetz dieses Geschehens können sie uns abbilden. — Die Qualitäten der Empfindung also erkennt auch die Physiologie als blosse Form der Anschauung an."

6. S. h. S. Stricker's 1877 im LXXVI. Bd. d. Sitzungsberichte der Wiener Akademie, III. Abth., p. 283—305, publicirte Abhandlung: „Untersuchungen über das Ortsbewusstsein und dessen Beziehungen zu der Raumvorstellung."

7. Auch dieser fundamentale Satz ist in der eben citirten Abhandlung Prof. Stricker's enthalten.

8. Die kleinste Distanz, bis zu welcher die Zirkelspitzen einander genähert werden können, ehe sie als eine einzige Spitze empfunden werden, ist für verschiedene Oberflächentheile des menschlichen Körpers sehr verschieden. So beträgt dieselbe nach den Versuchen Weber's (vergl. W. Wundt's Grundzüge der physiologischen Psychologie, 2. Aufl., 2. Bd., p. 7) beispielsweise für die Zungenspitze im Mittel 1 Mm., für den rothen Rand der Lippen 5 Mm., für den Handrücken 31 Mm., endlich für die Mitte des Rückens 68 Mm.

9. Näheres hierüber findet man im Handbuche der physiologischen Optik von H. Helmholtz, p. 215—222.

10. Auf dem Durchmesser dieses „blinden Flecks" könnten nach den Messungen von H. Helmholtz (s. dessen eben citirtes Werk, p. 213) eilf Vollmonde nebeneinander Platz finden.

11. S. h. S. Stricker's 1879 zu Wien erschienene „Studien über das Bewusstsein", p. 45—49.

12. Vergl. hierüber die eben citirte Broschüre Prof. Stricker's, p. 8—10.

13. S. h. S. Stricker's 1882 zu Wien erschienene „Studien über die Bewegungsvorstellungen", p. 11—13.

14. S. h. die eben citirte Broschüre Prof. Stricker's, p. 35—38.

15. S. h. die Schrift: „Die Thatsachen in der Wahrnehmung", p. 20, 21.

16. S. h. z. B. die Berichte Cheselden's und Wardrop's (reproducirt in H. Helmholtz's Handbuch der physiologischen Optik, p. 587—592) unter Hinzuziehung des eingehenden Resumé's über die Mittheilungen der genannten und anderer Aerzte in C. Stumpf's Werk: „Ueber den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung", p. 289—293.

17. Kinder pflegen in den ersten Stadien ihrer Entwicklung nach allen Gegenständen, welche sie sehen, zu greifen, selbst nach dem Monde.

18. Nur auf diesen Raum können die bekannten Worte Kant's (Einleitung in die Kritik der reinen Vernunft) bezogen werden: „Lasset von Eurem Erfahrungsbegriffe eines Körpers Alles, was daran empirisch ist, nach und nach weg, die Farbe, die Härte oder Weiche, die Schwere, die Undurchdringlichkeit, so bleibt doch der Raum übrig, den er (welcher nun ganz verschwunden ist) einnahm, und den könnt Ihr nicht weglassen."

19. Dieser oberste Grundsatz jeder empirischen Geometrie ist zuerst von H. Grassmann (s. dessen 1844 zu Leipzig erschienene „Lineale Ausdehnungslehre", p. 35) ausgesprochen worden.

20. Zur weiteren Charakteristik der Bedeutung der geometrischen Axiome mögen folgende Auseinandersetzungen von H. Helmholtz (s. dessen populäre wissenschaftliche Vorträge, 3. Heft, p. 50, 51) dienen: „Es ist übrigens nicht meine Absicht, zu behaupten, dass die Menschheit erst durch sorgfältig ausgeführte Systeme genauer geometrischer Messungen Anschauungen des Raumes, die den Axiomen des Euklides entsprechen, gewonnen habe. Es musste vielmehr eine Reihe alltäglicher Erfahrungen, namentlich die Anschauung von der geometrischen Aehnlichkeit grosser und kleiner

Körper darauf führen, jede geometrische Anschauung, die dieser Thatsache widersprach, zu verwerfen. Dazu war keine Erkenntniss des begrifflichen Zusammenhanges zwischen der beobachteten Thatsache geometrischer Aehnlichkeit und den Axiomen nöthig, sondern nur durch zahlreiche und genaue Beobachtungen von Raumverhältnissen gewonnene anschauliche Kenntniss ihres typischen Verhaltens, eine solche Art der Anschauung, wie sie der Künstler von den darzustellenden Gegenständen besitzt, und mittelst deren er sicher und fein entscheidet, ob eine versuchte neue Combination der Natur des darzustellenden Gegenstandes entspricht oder nicht. Das wissen wir zwar in unserer Sprache auch mit keinem anderen Namen als dem der „Anschauung" zu bezeichnen; aber es ist dies eine empirische, durch Häufung und Verstärkung gleichartig wiederkehrender Eindrücke in unserem Gedächtniss gewonnene Kenntniss, keine transcendentale und vor aller Erfahrung gegebene Anschauungsform. Dass dergleichen empirisch erlangte und noch nicht zur Klarheit des bestimmt ausgesprochenen Begriffes durchgearbeitete Anschauungen eines typisch gesetzlichen Verhaltens häufig genug den Metaphysikern als a priori gegebene Sätze imponirt haben, brauche ich hier nicht weiter zu erörtern."

21. Ich habe diesen Satz bereits im Jahre 1881 in meiner Broschüre: „Gemeinfassliche, leicht controlirbare Lösung der Aufgabe: In ein ringförmig geschlossenes Band einen Knoten zu machen — und verwandter merkwürdiger Probleme" ausgesprochen und im Anschlusse hieran speciell jene vierfach ausgedehnte Mannigfaltigkeit analytisch präcisirt, welche ich in meinen bisherigen Untersuchungen über unbegrenzte und endliche dreidimensionale Mannigfaltigkeiten als analytischen Hilfsbegriff verwendet habe.

22. Die Fähigkeit hiezu dürfte vielen Menschen vollständig fehlen. — So erklären z. B. Berkeley und Stumpf, es liesse sich keine Ausdehnung ohne Farbe denken,

während Kant in seinem früher citirten Ausspruche andeutet, er könne sich auch Ausdehnung ohne jede Farbe vorstellen. — Sicherlich thun dies alle Blindgebornen, welche auch die räumlichen Verhältnisse ihrer nächsten Umgebung richtig beurtheilen.

23. S. h. dessen populäre Vorlesungen, 3. Heft, p. 25.

24. Ihr analytisch-geometrischer Begriff repräsentirt eine einfache Specialisirung des zuerst von B. Riemann in seinem Vortrage „Ueber die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen" (s. die von H. Weber veranstaltete Gesammtausgabe der Werke Riemann's, p. 254—268) aufgestellten analytisch-geometrischen Begriffes einer n-fach ausgedehnten Mannigfaltigkeit.

25. S. h. Prof. Zöllner's „Wissenschaftliche Abhandlungen", 2. Bd., p. 214—219 und p. 911—913.

26. Ich habe die physikalische Unzulässigkeit dieser Annahme bereits am 1. December 1881 in einer im Vortragssaale des „Wissenschaftlichen Club" in Wien abgehaltenen Vorlesung: „Ueber die Verwendbarkeit des Begriffes: ‚Vierdimensionaler Raum' zur Erklärung gewisser spiritistischer Phänomene" (s. die „Monatsblätter des Wissenschaftlichen Club in Wien", III. Jahrgang, Nr. 4, p. 44, 45) dargethan und weise hier neuerdings darauf hin, dass die erwähnte Hypothese mit den mathematischen Untersuchungen über höhere Mannigfaltigkeiten überhaupt in keinem inneren Zusammenhange steht. Um übrigens den Leser über den sachlichen Werth derartiger Forschungen noch anderweitig aufzuklären, mögen an dieser Stelle folgende Worte von Helmholtz (s. dessen 1878 zu Berlin im Druck erschienene Rede: „Das Denken in der Medicin", 2. Auflage, p. 30, 31) reproducirt werden: „Seit Kant ist die reine Anschauung a priori der Ankerplatz der Metaphysiker geworden. Sie ist noch bequemer als das reine Denken, weil man ihr Alles aufbürden kann, ohne sich in Schlussketten hineinzubegeben, die einer Prüfung und Widerlegung fähig wären. Die nativisti-

sche Theorie der Sinneswahrnehmungen ist der Ausdruck dieser Theorie in der Physiologie. Alle Metaphysiker kämpfen vereinigt gegen jeden Versuch, die Anschauungen, seien es sogenannte reine oder empirische, die Axiome der Geometrie, die Grundsätze der Mechanik oder die Gesichtswahrnehmungen in ihre rationellen Elemente aufzulösen. Eben wegen dieses Sachverhaltes halte ich die neueren mathematischen Untersuchungen von Lobatschewsky, Gauss, Riemann u. A. über die logisch möglichen Abänderungen der Axiome der Geometrie und den Nachweis, dass die Axiome Sätze sind, die durch die Erfahrung bestätigt oder vielleicht auch widerlegt und deshalb aus der Erfahrung gewonnen werden können, für einen sehr wichtigen Fortschritt."

27. Da es vollkommen unmöglich ist, bei Nichtmathematikern eine klare Einsicht in den Begriff einer unbegrenzten, aber endlichen dreifach ausgedehnten Mannigfaltigkeit herbeizuführen, identificire ich hier unseren Sinnenraum stillschweigend mit einer — im Riemann'schen Sinne — „ebenen", dreifach ausgedehnten Mannigfaltigkeit, was sich in Anbetracht seines jedenfalls sehr kleinen Krümmungsmasses auch mathematisch rechtfertigen lässt. Anderseits sei jedoch darauf hingewiesen, dass die gerade für die praktische Verwerthung mancher Ingenieurwissenschaften unentbehrliche Geometrie der Lage — Culmann's bahnbrechende Constructionsmethoden gründen sich zumeist auf diese Geometrie — gezwungen ist, die gerade Linie im Gegensatze zur Geometrie Euklid's als eine geschlossene Linie mit einem einzigen, unendlich fernen Punkte zu definiren.

28. Dieser Satz bildet im Vereine mit der Relation:

$$\cos\varphi = \cos\alpha_1 \cos\alpha_2 + \cos\beta_1 \cos\beta_2,$$

in welcher φ; α_1, α_2; β_1, β_2 (s. die schematische Fig. 1) der Reihe nach die Winkel:

$$AOM;\ AOX,\ MOX;\ AOY,\ MOY$$

vorstellen, zugleich das analytische Fundament für alle Massbestimmungen in einer gegebenen Ebene.

29. Dieser Satz bildet im Vereine mit der Relation:

$$\cos\varphi = \cos\alpha_1 \cos\alpha_2 + \cos\beta_1 \cos\beta_2 + \cos\gamma_1 \cos\gamma_2,$$

in welcher φ; α_1, α_2; β_1, β_2; γ_1, γ_2 (s. die schematische Fig. 2) der Reihe nach die Winkel:

AOM; AOX, MOX; AOY, MOY; AOZ, MOZ

vorstellen, zugleich das analytische Fundament für alle Massbestimmungen im Raume.

30. Zu diesem Satze tritt dann noch die Relation:

$$\cos\varphi = \cos\alpha_1 \cos\alpha_2 + \cos\beta_1 \cos\beta_2 + \cos\gamma_1 \cos\gamma_2 + \cos\delta_1 \cos\delta_2$$

in welcher φ nunmehr den Winkel zwischen den Radienvectoren zweier Punkte der vierfach ausgedehnten Mannigfaltigkeit vorstellt, und α_1, β_1, γ_1, δ_1; α_2, β_2, γ_2, δ_2 die Winkel der beiden Radienvectoren mit den vier Coordinatenachsen repräsentiren.

31. Die eigenthümlichen Vorzüge der analytisch-geometrischen Forschungsmethode sind bereits im Jahre 1868 von Helmholtz in seiner in den „Göttinger Nachrichten" publicirten Abhandlung: „Ueber die Thatsachen, die der Geometrie zum Grunde liegen", wie folgt, gekennzeichnet worden: „Die analytische Behandlung der Frage, wodurch sich der Raum unterscheide von anderen abmessbaren, mehrfach ausgedehnten und continuirlichen Grössen, empfiehlt sich gerade durch den Umstand, dass sie der Anschaulichkeit ermangelt und deshalb den auf diesem Gebiete so schwer zu vermeidenden Täuschungen durch die besondere Begrenztheit unserer Anschauungen nicht ausgesetzt ist."

32. Um den Leser auch mit den diesbezüglichen Ansichten des grössten deutschen Mathematikers: F. Gauss, bekannt zu machen, citire ich hier aus der 1856 zu Leipzig erschienenen Schrift von Sartorius von Waltershausen: „Gauss zum Gedächtniss" — folgende Worte: „Gauss, nach seiner öfters ausgesprochenen innersten Ansicht, betrachtete die drei Dimensionen des Raumes als eine specifische Eigenthümlichkeit der menschlichen Seele; Leute, welche dieses

nicht einsehen könnten, bezeichnete er einmal in seiner humoristischen Laune mit dem Namen: Boeotier. Wir können uns, sagte er, etwa in Wesen hineindenken, die sich nur zweier Dimensionen bewusst sind; höher über uns stehende würden vielleicht in ähnlicher Weise auf uns herabblicken, und er habe, fuhr er scherzend fort, gewisse Probleme hier zur Seite gelegt, die er in einem höheren Zustande später geometrisch zu behandeln gedächte."

33. Das erste hieher gehörige Problem wurde von R. Hoppe (s. dessen 1879 im 64. Bande von Grunert's Archiv der Mathematik und Physik publicirte Abhandlung: „Gleichung der Curve eines Bandes mit unauflösbarem Knoten nebst Auflösung in vierter Dimension") analytisch gelöst.

34. Die wörtliche Wiedergabe meines frei gehaltenen Vortrages würde in Anbetracht des mir zur Verfügung stehenden Raumes eine sachlich nachtheilige Einschränkung der Anmerkungen nach sich gezogen haben.

35. Handelt es sich um eine rasche Demonstration der im Folgenden beschriebenen Experimente, so ist es am zweckmässigsten, die beiden Enden des Streifens nur mit zwei seiner Mittellinie parallel gesteckten Nadeln derart aufeinander zu heften, dass man zwischen den Nadeln noch bequem hindurchschneiden kann.

36. Diese Thatsache ermöglicht zugleich die Lösung der nachstehenden Aufgabe: Es sei ein derartiger ringförmig geschlossener Streifen herzustellen, dass ein einziger Längsschnitt zwei ringförmig geschlossene Streifen erzeugt, von welchen der eine ebenso breit, aber doppelt so lang als der andere ist. — Zieht man nämlich auf der oberen und unteren Fläche eines rechteckigen Streifens parallel zu dessen Längsseiten je zwei gerade Linien, welche den Streifen in drei gleiche Theile theilen, und verdreht hierauf dessen rechtseitiges Ende vor seiner Vereinigung mit dem anderen Ende um $\pm 1 \times 180^0$, so liefert ein in jenen Linien fortlaufender Längsschnitt, da er kraft der erwähnten Thatsache

erst nach Durchlaufung beider Linienpaare in sich selbst zurückkehrt, das gewünschte Resultat.

37. Führt man in dem um 3×180^0 verdrehten, ringförmig geschlossenen Streifen den in der vorigen Anmerkung charakterisirten Schnitt aus, so erhält man zwei Streifen, von welchen der eine ebenso breit, aber doppelt so lang als der andere und auf diesem einmal aufgeknüpft ist.

38. Die Schlüsse bilden ihrerseits wieder Specialisirungen zweier allgemeinerer Gesetze, welche ich zuerst 1880 in der zweiten Auflage meiner früher citirten Broschüre veröffentlicht habe.

39. Nach meinen Erfahrungen sind Ringe aus weichem, vulcanisirten Kautschuk die zu einer Demonstration der hier discutirten Erscheinungen geeignetsten Versuchsobjecte. Es genügt dann zur Ausführung des betreffenden Schnittes ein scharfes Federmesser, dessen Klinge man, um leichter schneiden zu können, öfter in Wasser zu tauchen hat.

40. Ausser den hier beschriebenen Knoten lassen sich in einem körperlichen Ringe durch Längsschnitte noch unendlich viele andere, zumeist sehr complicirte Verschlingungen herstellen, deren vollständige Charakteristik ich in meiner Abhandlung: „Ueber eine Reihe neuer mathematischer Erfahrungssätze" (veröffentlicht im 85., 87. und 88. Bande der Sitzungsberichte der Wiener Akademie) gegeben habe.

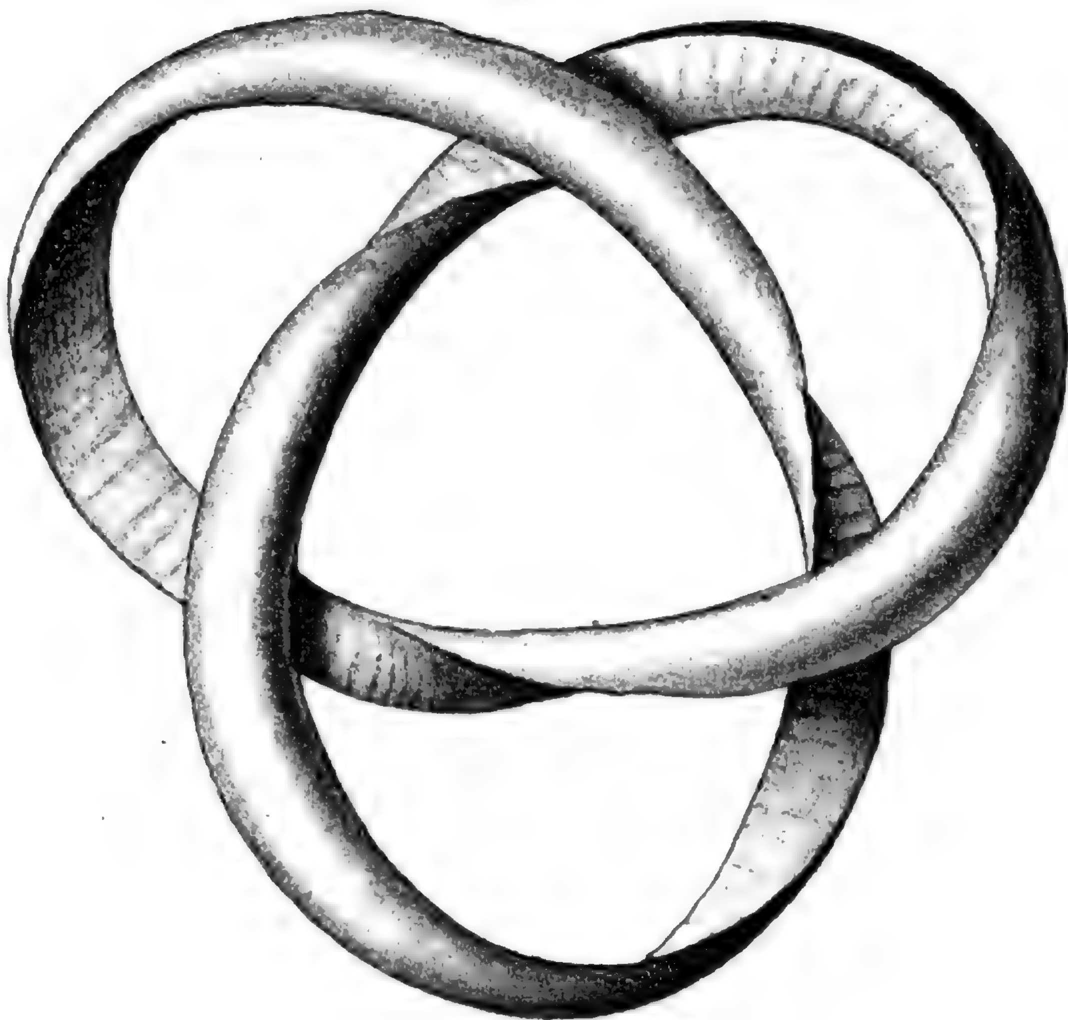
41. Kant war der Erste, welcher die theoretische Bedeutung der Thatsache, dass die rechte Hand nicht in die linke transformirbar ist, klar erkannt und zu einer Erörterung der Frage nach der Existenz eines absoluten Raumes philosophisch verwerthet hat. (S. die im 2. Bande der Hartenstein'schen Gesammtausgabe der Werke Kant's reproducirte Abhandlung: „Von dem ersten Grunde des Unterschiedes der Gegenden im Raume", p. 389–391). — In Hinblick hierauf bemerkt Prof. Zöllner (s. dessen „wissenschaftliche Abhandlungen", 1. Band, p. 223, 224) mit Recht: „Diejenigen Wahr-

heiten, welche die grösste Tragweite für das Verständniss der Welt haben, verbirgt die Natur am sichersten unter dem Schleier der Alltäglichkeit, den zu lüften sie nur ihren Auserwählten und Lieblingen gestattet. So enthüllte sie Newton in der Ursache eines fallenden Apfels das Geheimniss der materiellen Bewegungen im Universum, und dieselbe Gunst bewies sie Kant fast genau hundert Jahre später, als sie ihm in dem Unterschiede zwischen der rechten und linken Hand das Geheimniss der räumlichen Anschauungsformen enthüllte, in denen unser Verstand gezwungen ist, sich alle wahrgenommenen Unterschiede und Bewegungen des Universums vorzustellen."

42. Die bekannte Manipulation, einen Handschuh für die rechte Hand durch Umstülpen in einen solchen für die linke Hand zu verwandeln, darf hiernach mit der hier geschilderten Transformation überhaupt nicht verglichen werden.

43. Eine vollständige Beschreibung aller diesbezüglichen von mir entdeckten Flächenformen findet der Leser in meiner 1881 im 84. Bande der Sitzungsberichte der Wiener Akademie (2. Abtheilung) veröffentlichten Abhandlung: „Ueber jene Gebilde, welche aus kreuzförmigen Flächen durch paarweise Vereinigung ihrer Enden und gewisse in sich selbst zurückkehrende Schnitte entstehen."

Tafel II.



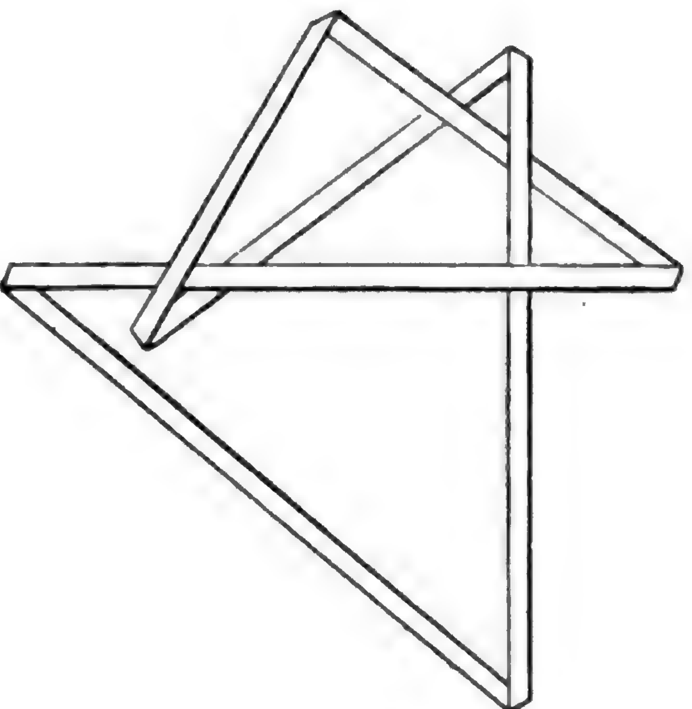


Fig. 3.

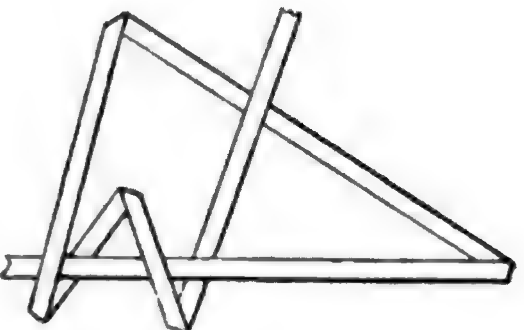


Fig. 1.

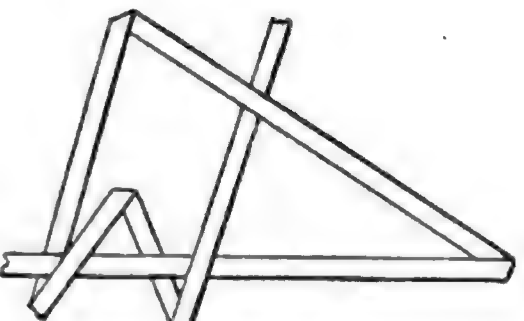


Fig. 2.

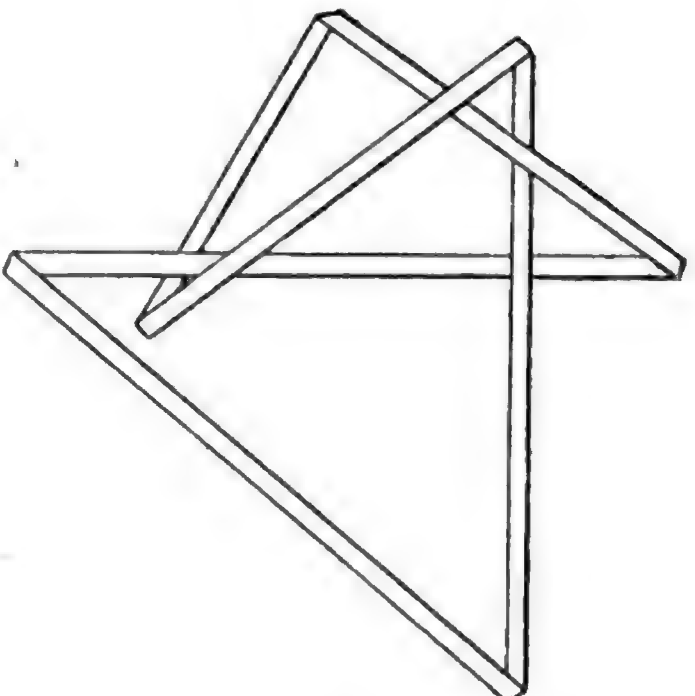


Fig. 4.

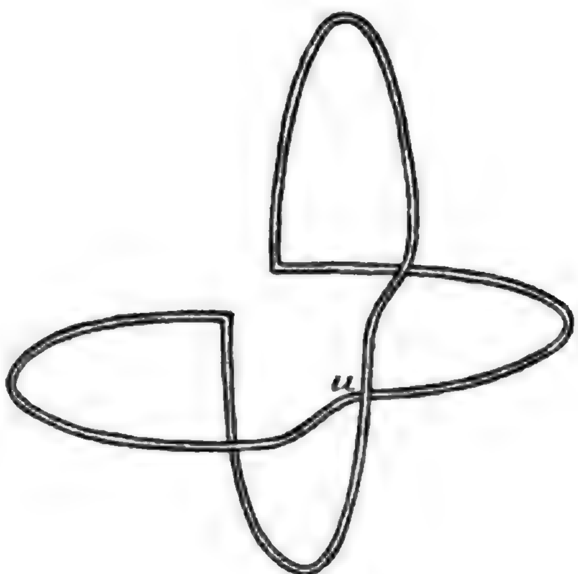


Fig. 2.

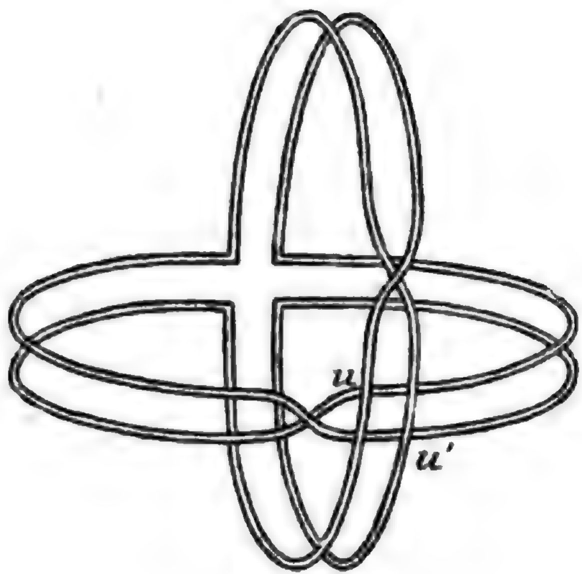


Fig. 1.

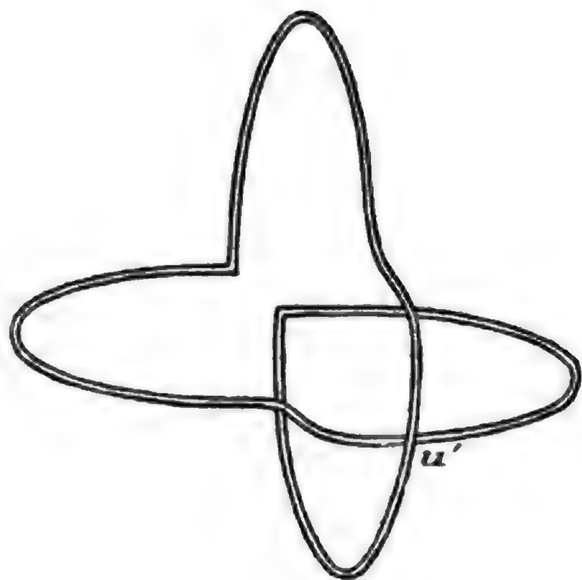


Fig. 3.

Schlagende Wetter.

(Eine populäre Darstellung dieser bergmännischen Tagesfrage.)

Von

FRANZ RITTER VON RŽIHA,
k. k. Professor.

Vortrag, gehalten den 10. Februar 1886.

Der Bergmann nennt die Grubenluft „das Wetter“ und unterscheidet gute, matte und böse Wetter. Das gute Wetter nähert sich mehr oder minder der chemischen Zusammensetzung der atmosphärischen Luft ($O = 29{\cdot}95$, $N = 79{\cdot}01$, $CO_2 = 0{\cdot}04$ Volumina); diese Zusammensetzung ist aber in der Grube nie enthalten, denn selbst die beste Ventilation kann niemals einen Zustand der Grubenluft beseitigen, der, wie einer der ersten Autoren auf diesem Gebiete, der Geheime Bergrath Pfähler, sehr richtig sagt, immer an die Gefängnissluft erinnert. Das matte Wetter bildet sich durch die Entziehung des Sauerstoffes und den Hervortritt anderer schädlicher Gase, insbesondere des Stickstoffes und der Kohlensäure, und kennzeichnet sich nebstbei durch die Anwesenheit von Lampenruss und Grubenstaub. Bei 80 Procent Stickstoffe brennt das Licht trübe, bei 84 Procent erlischt es; matte Wetter werden durch Ventilation in unseren Bergwerken sorgfältigst beseitigt. Böse Wetter sind zweierlei vorhanden: der kalte Schwaden und der feurige Schwaden, oder die sogenannten schlagenden Wetter. Der kalte Schwaden wirkt giftig, er unterscheidet sich von dem matten Wetter durch eine den Organismus tödtende An-

wesenheit von Stickstoff (N), Kohlensäure (CO_2), Kohlenoxyd (CO) und Schwefelwasserstoff (H_2S). Bei $N =$ 89 Procent stirbt der Mensch, bei $CO_2 = 5—6$ Procent brennt die Flamme schlecht, bei 10 Procent erlischt sie und wirkt dieses Uebermass tödtlich auf den Menschen; bei $CO = 1$ Procent ist ebenso wie bei $HS = {}^1/_2$ Procent tödtliche Wirkung vorhanden. Der kalte Schwaden ist schwer, denn das specifische Gewicht der Kohlensäure beträgt 1·524 und des Schwefelwasserstoffes 1·19; er liegt also auf der Sohle der Stollen und Strecken. In Gruben, welche sich der Production des kalten Schwadens günstig stellen, ist die ausgiebigste Ventilation ein selbstredendes Gebot. Die schlagenden Wetter sind solche, welche durch das Hinzutreten einer offenen Flamme mit krachender, schlagender Gewalt blitzschnell explodiren; sie kennzeichnen sich vornehmlich durch die Anwesenheit des sogenannten Sumpfgases (CH_4) und erlangen dadurch eine grosse Aehnlichkeit mit unserem Leuchtgase, welches letztere, je nach der Zeit der Destillation, 34 bis 74 Procent von CH_4 enthält; im Mittel ein specifisches Gewicht von 0·4 besitzt; bei einer Mischung von 1 : 4 bis 1 : 12 mit atmosphärischer Luft explodirbar wird und die diesfalls gefährlichste Explosionsmischung bei 1 : 11 aufweist. Die Analysen der die schlagenden Wetter herbeiführenden und aus den Kohlenflötzen entströmenden Gase geben verschiedene Zusammensetzung, wie dies unter Anderem die nachfolgende Tabelle zeigt. Nr. 1 ist eine Untersuchung von Bun-

sen über das Gas der Wälderkohle von Obernkirchen, Nr. 2 eine solche von v. Mayer über das Gas des Wahlschiederflötzes der Grube „Kronprinz“ bei Saarbrücken, Nr. 3 diejenige von Dr. Schondorff über das Gas der Grube Gerhard bei Saarbrücken, Nr. 4 eine Untersuchung des Grubengases von Réusitte, welche die französische Schlagwettercommission veranlasst hat.

	1	2	3	4
CH_4	90·53	23·57	93·664	93·51
CO_2	2·61	—	0·628	3·97
O	0·45	16·09	4·824 (O + N)	0·21
N	7·16	60·34		1·07
C_2H_6	—	—	0·824	—
H	—	—	—	2·24

Das in dieser Tabelle gekennzeichnete Kohlenwasserstoffgas CH_4 ist sehr leicht, es hat ein specifisches Gewicht von 0·558 und bestimmt sich darnach das specifische Gewicht der „schlagenden Wetter“ je nach dem Mischungsgrade mit atmosphärischer Luft, je nach dem Auftreten von Kohlensäure (1·529 spec. Gewicht) und je nach dem Auftreten des ölbildenden Gases (0·971 spec. Gewicht) meist zu 0·6—0·96, wie dieses Graham und Turner bei den Wettern auf englischen Gruben näher festgestellt haben. Das Grubengas entzündet sich bei 740—780 Grad C. und hat eine Explosionstemperatur von 2200 Grad. Nach Favre und Silbermann entwickelt ein Gewichtstheil Sumpfgas bei seiner vollständigen Verbrennung mit Sauerstoff 13063 Wärmeeinheiten, d. h. bei Verbrennung eines

Gewichtstheiles Sumpfgas wird so viel Wärme entwickelt, dass mit derselben 13063 Gewichtstheile Wasser in ihrer Temperatur um einen Grad C. erwärmt werden; es liefert also 1 Gramm Sumpfgas die Erwärmung von 13063 Gramm Wasser um 1 Grad C. oder von 13·063 Kilogramm Wasser um 1 Grad, also rund 13 sogenannte grosse Calorien. Das Sumpfgas ist nahezu geruchlos, erscheint als ein Destillationsproduct der Kohle, des Kohlenschiefers und bituminöser Schichten und entwickelt sich ganz besonders in den festen, coaksbaren Steinkohlen, weniger in den Braunkohlen, sehr selten im Erzbergbaue. Das gefährliche Gas gelangt in dreierlei Weise in die Grube; die eine ist das Hervortreten des Gases aus den anstehenden Kohlenwänden; die andere das Hervorbrechen des Gases aus Nachbarflötzen und Nachbarschichten; endlich besteht die dritte Weise des Erscheinens des Feindes durch sein Heraustreten aus grossen Gasmagazinen. Aus den Wänden der im Abbaue begriffenen Flötze tritt das Gas wiederum in drei Formen hervor. Die eine ist die, dass es in einer dem Auge und Ohre nicht wahrnehmbaren Weise exhalirt, die andere ist die, dass es mit einem Geräusche erscheint, welches theils durch das Platzen der Gasperlen, theils durch den Anprall an den Windungen und Contractionen der Ausflussröhren erklärt wird; dieses Geräusch ähnelt demjenigen eines feinen Regens oder demjenigen, welches unmittelbar vor dem Sieden des Wassers eintritt, endlich auch demjenigen, welches die Krebse verursachen, wenn sie sich ange-

häuft in einem Gefässe befinden; deshalb sagen die französischen und belgischen Bergleute: das Gas bratet, die schlagenden Wetter singen, während die deutschen Bergleute das bezeichnete Ausströmen des Gases „das Krebsen“ nennen. Die dritte Form ist die des Austretens durch die „Bläser“; es ist dies die Form des Hervortretens der Gasquelle mit grosser Geschwindigkeit aus den Klüften, Spalten und Rissen der Kohle oder des Nebengesteins, also aus Räumen, in denen sich das Gas unter hoher Spannung sammelt. Derlei Bläser arbeiten oft unter sehr hohem Drucke durch lange Zeit hindurch und werden im Laufe der Arbeit oft ganz plötzlich, z. B. beim Bohren der Sprenglöcher, beim Schiessen, beim Herabhauen der Kohle, frei gemacht und zum Ausflusse gebracht. Aufgesetzte Manometer zeigen oft Pressungen von 6—8 Atmosphären; auf der Grube Agrappe bei Frameries wurden Pressungen von 16 Atmosphären constatirt, und Linsday-Wood beobachtete auf englischen Gruben sogar solche von 30 Atmosphären. In der Kohlengrube Tyne fand sich ein Bläser, welcher 168—196 Cubikmeter Gas pro Minute abgab; in der Grube Wellesweiller bei Saarbrücken war ein Bläser durch etwa fünfzig Jahre thätig; das Dorf Fredonia bei Buffalo wurde um 1830 durch eine Gasquelle beleuchtet, welche einer Kohlenschicht entstammte; und im vorigen Jahrhunderte wurde, nach Jars, ein Leuchtthurm an der Küste von Whitehaven durch einen Bläser gespeist.

Was das plötzliche Hervorbrechen des Gases aus den noch unbebauten Nachbarflötzen anbelangt, so ist diese Erscheinung in Deutschland weniger, aber in England mehrfach beobachtet und dadurch erklärt worden, dass eine grosse Gasspannung die Sohle des Baues aufreisst. Der Engländer bezeichnet dieses plötzliche Aufbrechen mit „sudden outbursts“. Die Belgier unterscheiden noch einen plötzlichen Ausbruch als „dégagements instantanés“, indem sie nach Arnould annehmen, dass sich durch die geologischen Knickungen und Faltelungen der Flötze und des Nebengesteines im Dache Höhlungen gebildet haben, welche als Gasreservoire dienen und beim Niederbrechen des Daches plötzlich entleert werden. Solche plötzliche Gasausbrüche sind meist von kurzer Dauer, oft aber von sehr grosser Gewalt; so verzeichnet der Bericht der englischen Schlagwettercommission einen Ausbruch zu Abercumboy, der nahezu 800 Cubikmeter Grubengas binnen 7 Minuten in die Grube stiess.

Als dritte Weise des Hereintretens der Gase in die durch die Belegschaft (Mannschaft) belebten Grubenräume wurde das Entleeren von effectiven und grossen Gasmagazinen bezeichnet. Solcher Gasmagazine sind in jeder Schlagwettergrube drei Arten vorhanden. Weil die Schlagwetter viel leichter, als die atmosphärische Luft sind, so sammeln sie sich in den höher liegenden Theilen der Grube; hierdurch erscheinen dieselben erstens in den sogenannten Gassäcken, zweitens in den höher gelegenen verlassenen

Stollen und Strecken und drittens in dem sogenannten „alten Manne“. Die Gassäcke sind Auskesselungen in der Firste der Stollen und Strecken, die sich zumeist oberhalb der Zimmerung befinden und beim praktischen Grubenbetriebe unvermeidlich sind; die Gase verfangen sich in diesen Räumen, und die frischen Wetter streichen, meist durch die Firstzimmerung abgeschieden, unter ihnen weg, ohne sie massgebend zu berühren. Die verlassenen und abgesperrten Grubenräume bilden ebenfalls solche Gasmagazine, welche jedoch, wenn irgend angehend, im praktischen Grubenbaue vermieden oder in den Bereich der Ventilation gezogen werden. Die gefährlichsten Magazine aber werden durch den sogenannten „alten Mann“ gebildet. Der Bergmann nennt den „alten Mann“ denjenigen Grubentheil, den sein Vorgänger, nämlich der „alte Mann“, bereits abgebaut hat. In diesen Grubentheilen ist also die Kohle mit mehr oder minderer Reinheit, niemals aber vollständig herausgenommen worden, und es entstehen hohle Räume selbst dann, wenn anstatt der herausgenommenen Kohle: Gestein, Schiefer, kurz „Berge“ wieder hineingebracht, d. h. ein sogenannter „Versatz“ angebracht werden kann, aus welchem Versatze sich meistens selbst noch Gase entwickeln. Diese Hohlräume verpflanzen sich im Laufe der Zeit in die Höhe, weil die Decke, das „Dach“, immer weiter bricht, und es entstehen dadurch die sogenannten „Wüstungen“. Der „alte Mann“ und die Wüstungen bilden demnach die allergrössten, sich von Jahr zu Jahr vermehrenden Gas-

magazine, welche um so gefährlicher sind, weil sie von der Ventilation nicht bestrichen werden können und weil die in ihnen herrschende hohe Temperatur den Destillationsprocess der Gase aus den rückständigen Kohlenpartien wesentlich begünstigt. Die Grösse dieser Magazine hängt von der geologischen Beschaffenheit des Daches, von der Mächtigkeit der Flötze, von dem Alter und der Forcirung der Grube ab und ist, um nur einen Grössenbegriff zu geben, bei manchen Gruben auf 50.000 Cubikmeter, bei manchen auf 100.000 Cubikmeter, bei manchen, z. B. von Laur, selbst auf Millionen Cubikmeter Inhalt geschätzt worden.

Aus diesen Gasmagazinen kann nun, wie später erläutert werden wird, das Gas langsam oder plötzlich heraustreten, denn die Magazinsthore sind ja immer offen; es arbeitet also der Bergmann immer in der unmittelbarsten Nähe seines ärgsten, sich von Tag zu Tag vermehrenden und kräftigenden Feindes und befindet sich die Belegschaft einer Grube in eben derselben Situation, als ob sie in einem Pulver- oder Dynamitmagazine arbeitete und dasselbe immerwährend mit einer offenen Laterne betreten müsste.

Um zu den Eigenschaften des Grubengases zurückzukehren, ist nun nächst dessen specifischer Leichtigkeit, welche die Ansammlung des Gases in den Höhen bewirkt, demnach die schädlichste Eigenschaft des Gases ist: eine andere ganz hervorragend wichtige, die Gefahr ausgleichende Eigenschaft zu besprechen, nämlich die-

jenige, dass seine Explodibilität bei bestimmten Mischungsverhältnissen des Gases mit der atmosphärischen Luft zu- und abnimmt. Bei dem Mischungsverhältnisse von 1 : 30 ist das Wetter noch ganz unschädlich, sowohl in Bezug auf Explodirbarkeit wie auf Athmung; bei 1 : 15 droht die Gefahr der Explodirbarkeit, bei 1 : 12 erfolgen schwache Verpuffungen, bei 1 : 12 bis 1 : 8 ist die gefährlichste Mengung also die leichteste und ausgedehnteste Explodirbarkeit vorhanden; bei 1 : 5 bis 1 : 6 verringert sich diese Explodirbarkeit, bei 1 : 3 ist sie schon nicht mehr vorhanden, allein der Organismus beginnt zu leiden, denn das Gas wirkt betäubend; bei der Mengung von 1 : 1 erlischt das Licht und stirbt der Mensch. Anwesenheit von Stickstoff (N) und Kohlensäure (CO_2) vermindern die Schlagwirkung des Wetters. So hat schon Davy beobachtet, dass sowohl $^1/_7$ Stickstoff wie $^1/_7$ Kohlensäure die Explosion hemmen und verhüten.

Das schlagende Wetter kann, so weit bis jetzt erforscht, nur durch das Hinzutreten weissglühender Körper oder der offenen Flamme entzunden werden, wodurch die in dem Wetter enthaltene gebundene Wärme ganz plötzlich, blitzartig, unter Krach und Schlag ausgelöst wird. Weil ein Gramm Sumpfgas rund 13 Calorien (à 425 Meterkilogramm) gebundene Wärme enthält und ein Cubikmeter 550 Gramme wiegt, so entwickelt schon ein Cubikmeter Sumpfgas 3,038.750 Meterkilogramm Arbeit bei der Entzündung; die theoretische mechanische Wirkung ist also so gross, wie die-

jenige, als wenn ein Block von 1 Tonne Gewicht aus der Höhe von 3038 Meter herabfallen würde. Geschieht nun eine solche plötzliche Auslösung der latenten Wärme, so sind die Folgen, je nach dem Gemenge zwischen atmosphärischer Luft und Gas, und je nach der Quantität des Schlagwetters in der Grube geradezu erschrecklich und gestaltet sich eine solche Explosion zu den furchtbarsten Elementarereignissen, welche die ganze Mannschaft einer Grube überhaupt treffen kann, denn sie wirkt in dreifacher Weise tödtlich: einmal durch Verbrennung, dann durch die Gewalt der Hinschleuderung und drittens durch die giftige Beschaffenheit des Nachschwadens, d. h. durch das Auftreten erstickender Luft; letztere kennzeichnet sich durch den Ueberschuss an Stickstoff und den Abgang an Sauerstoff, als Folge der stattgefundenen Verbrennung des Wetters und des vorhandenen Kohlenstaubes. Diese drei Stadien einer Explosion sind meistens immer wahrzunehmen; die Leichen zeigen nämlich die Spuren des Verbranntseins, der Zerschlagung und der Erstickung, und aus der örtlichen Lage der Leichen, sowie aus dem Zustande der Zertrümmerung des Grubengebäudes, auch aus der durch den enormen Hitzegrad eingetretenen Vercoaksung des Kohlenstaubes kann man hinterher den Herd der Explosion und die örtliche Verbreitung der drei Unglücksstadien in der Regel erkennen. Der Verbrennungsherd kennzeichnet sich durch die total geschwärzten und gekohlten Leichen; der sogenannte Rückschlag durch zerschmet-

terte und unverbrannte Leichen, und der Nachschwaden durch lediglich erstickte Todte. Letztere werden meist in denjenigen Strecken und Entfernungen, welche bei der Flucht betreten und erreicht wurden, oft aber auch in entfernten Bauen angetroffen, wo der Tod die Menschen ahnungslos und manchmal noch bei lächelndem Angesichte und in der Haltung der jeweiligen Arbeit ereilte.

Die Wirkung der Schlagwetter ist eine ganz furchtbare. Werden wir Menschen schon in freier Luft durch ein schweres Brandunglück oder durch ein böses Gewitter tief ergriffen, wirkt ein solches zur Nachtzeit noch mehr erregend auf uns ein, um wie viel schrecklicher muss sich das Feuermeer im geschlossenen und dunklen Grubenraume gestalten; wir kennen nur die Wirkungen und diese sind entsetzlich. Das Feuer und der Schwaden strömt aus den Schächten und der Donnerschlag hat grosse Theile, oftmals die ganze Grube mit der Macht der höheren Gewalt geschüttelt und oft alles Leben in ihr vernichtet. Dazu tritt noch der Jammer der herbeigeeilten Angehörigen, die Aufregung bei dem Aufsuchen und Herausfördern der Todten, und das Schaudern erregende Schreckbild der Verwüstung. Die Zahl der Todten ist das Ergreifendste. Unter solchen Umständen ist es klar, dass die schlagenden Wetter, weil sie so plötzlich auftreten, also so heimtückisch walten, und weil sie das ganze organische Leben der Grube bedrohen, beziehentlich vernichten, unter allen Feinden des Bergmannes am gefürchtetsten sind. Es vergeht leider kein

Jahr ohne solche Massenunglücke, und es gibt Jahre, welche besonders reich an solchen Unglücken sind; so waren es namentlich die Jahre 1866, 1880 und 1885.

Im Jahre 1866 wurde besonders England hart betroffen, denn es verunglückten auf der Grube Talk 91, auf der Oaksgrube 361 Mann, jedesmal mit einem Schlage, also allein bei diesen zwei Massenunglücken 452 Mann. Im Jahre 1880 fanden wiederum in Grossbritannien nebst mehreren kleineren vier Massenunglücke statt; auf der Fair-Lady-Grube 68 Mann, auf der Risca-Colliery 119 Mann, auf der Seaham-Colliery 195 Mann, auf der Penygraig-Colliery 101, zusammen 483 Mann. Im Jahre 1885 fanden die folgenden neun grossen Massenunglücke statt:

1. am 23. Jänner zu Hohnsdorf in Sachsen	17	Mann
2. am 3. März zu Usworth bei Newcastle	36	„
3. am 6. März am Johannesschachte bei Karwin	105	„
4. am 18. März auf den Kamphausenschächten bei Saarbrücken	181	„
5. am 27. März auf dem Bettinaschachte bei Dombrau	59	„
6. am 18. Juni auf Clifton-Hall bei Manchester .	177	„
7. am 26. Juni auf Grube Dudweiller bei Saarbrücken	17	„
8. am 29. October auf der Grube Szekul bei Reschitza im Banate	15	„
9. am 23. December auf der Mardy-Colliery in Südwales	82	„
zusammen	689	Mann

Werden allein nur diejenigen Massenunglücke in Betracht gezogen, wo in jedem einzelnen Falle 50 und

mehr als 50 Mann zu Tode kamen, so stellt sich folgende Liste auf, deren Daten theils dem Berichte der französischen und englischen Schlagwettercommission, theils den Aufzeichnungen des um die wissenschaftliche Behandlung der Schlagwetterfrage berühmt gewordenen Bergrathes Hasslacher in Berlin entnommen sind.

1. **50** Mann zu Hilda bei Newcastle, im Jahre 1839.

2. **52** Mann zu Walsend bei Newcastle, im Jahre 1821.

3. **53** Mann auf der Grube Dunkinfield in Lancashire, am 14. April 1874.

4. **59** Mann zu Bainton bei Newcastle, im Jahre 1823.

5. **59** Mann zu Main in Yorkshire, im Jahre 1862.

6. **59** Mann am Bettinaschachte bei Dombrau, am 27. März 1885.

7. **61** Mann zu Nitshill in Schottland, im Jahre 1859.

8. **65** Mann im Tiefbaue zu Wittkowitz in Mähren, im Jahre 1867.

9. **65** Mann auf der Zeche „Pluto“ in Westfalen, am 10. Mai 1882.

10. **68** Mann zu Middle Duffrein in Südwales, im Jahre 1885.

11. **68** Mann auf dem Schachte Fair-Lady der Leycett-Compagnie bei Newcastle, am 21. Jänner 1880.

12. **68** Mann auf der Althaw-Colliery in Lancashire, im Jahre 1883.

13. **69** Mann zu Fattfield in England, im Jahre 1718.

14. **69** Mann zu Dinas bei Cardiff in Südwales, am 12. Jänner 1879.

15. **70** Mann im Schachte Sabin bei St. Etienne in Frankreich bei einer ersten Explosion (nicht angegebenen Datums).

16. **73** Mann zu Oaks-Colliery in Yorkshire, im Jahre 1847.

17. **74** Mann auf der Frimdon-Grange-Colliery in Durham, im Jahre 1882.

18. **76** Mann zu Burradon bei Newcastle, im Jahre 1860.

19. **80** Mann zu Bensham bei Newcastle, im Jahre 1710.

20. **81** Mann zu Neu-Iserlohn in Westfalen, am 15. Jänner 1868.

21. **82** Mann zu Mardy-Colliery in Südwales, am 23. December 1885.

22. **88** Mann auf dem Schachte Cinq-Sous bei Montceau-les-mines, am 12. December 1867. [1])

23. **89** Mann auf dem Brückenbergschachte bei Zwickau in Sachsen, am 1. December 1879.

24. **90** Mann zu Felling-Colliery, am 25. Mai 1812. [2])

25. **91** Mann zu Talk O'Th'hill in Nordstaffordshire, am 11. December, also am Tage vor der grossen Explosion auf der Oaks-Colliery, welche diese Liste schliesst.

26. **95** Mann zu Haswell bei Newcastle, im Jahre 1844.

27. **96** Mann auf der Grube Agrappe bei Frameries in Belgien, im Jahre 1848.

28. **101** Mann auf der Penygraig-Colliery in Südwales, am 10. December 1880.

29. **102** Mann auf der Walsendgrube bei Newcastle, im Jahre 1835.

30. **105** Mann auf dem Johannesschachte bei Karwin, am 6. März 1885.

31. **112** Mann auf der Grube Agrappe bei Frameries in Belgien, am 16. December 1875.

32. **119** Mann auf der Risca-Colliery bei Newport in Südwales, am 15. Juli 1880.

33. **126** Mann auf der Grube Agrappe bei Frameries in Belgien, am 17. April 1879.

34. **130** Mann auf der Risca-Colliery bei Newport in Südwales, im Jahre 1860.

---

[1]) Eine frühere Explosion daselbst hatte 39 Mann getödtet.

[2]) Ursprungsort der Entdeckung der Davy'schen Sicherheitslampe.

35. **150** Mann auf der Grube Swaith-Main bei Barnsley in Yorkshire, am 6. December 1875.

36. **177** Mann auf der Grube Clifton-Hall bei Manchester, am 18. Juni 1885.

37. **181** Mann auf den Camphausenschachten bei Saarbrücken, am 17. März 1885.

38. **189** Mann auf dem Schachte Sabin bei St. Etienne in Frankreich, am 4. Februar 1876.

39. **189** Mann zu Lundhill in Yorkshire, im Jahre 1857.

40. **195** Mann auf Seaham-Colliery bei Sunderland in der Grafschaft Durham, am 7. September 1880.

41. **195** Mann im Schachte Wood-Pitt bei Haydock in Lancashire, am 7. Juni 1878.

42. **204** Mann zu Hartley, im Jahre 1862.

43. **209** Mann auf der Dittongrube bei Blantyre in Schottland, am 22. October 1877.

44. **267** Mann auf der Grube Prince of Wales bei Newport in Südwales, am 11. September 1878.

45. **276** Mann auf der Burk'schen Grube im Plauenschen Grunde bei Dresden, am 2. August 1869.

46. **361** Mann auf der Oaks-Colliery in Yorkshire, am 12. December 1866.

Es kamen also 27 Massenunglücke von je 50—100 Mann, 14 von je 100—200 Mann, 4 von je 200—300 Mann und 1 über 300 Mann vor. Werden alle vorgekommenen Unglücksfälle durch schlagende und böse Wetter zusammengefasst, so sind nach Hasslacher in England von 1851 bis 1881: 7510 Mann, in Preussen von 1861—1884: 1137 Mann, in Belgien von 1851—1879: 967 Mann als tödtlich verunglückt zu registriren.

Diese geradezu schrecklichen Unfälle haben selbstredend die Schlagwetterfrage allezeit zu einer Tages-

frage gemacht, und wer in der Praxis des Bergbaues orientirt ist und wer die geradezu erdrückend umfangreiche Literatur dieser Frage kennt, der weiss, dass alle gesellschaftlichen Factoren seit Jahrzehnten die allergrösste geistige und werkthätige Anstrengung machen, um diesem tückischsten aller Feinde des Bergmannes energisch zu Leibe zu gehen. Diese riesenhaften Anstrengungen lassen sich in drei Gruppen der Thätigkeit theilen: erstens in die Behandlung der Statistik; zweitens in die wissenschaftliche Erforschung der Ursachen, Erscheinungen und des Wesens der Schlagwetter, und drittens in die bergbaulichen Massnahmen und bergpolizeilichen Vorschriften. Es würde den Rahmen eines Vortrages weit überschreiten, hier in's Detail einzugehen; dagegen soll es versucht werden, über die bisherigen Ergebnisse dieser Anstrengungen in Kürze zu referiren.

I. Die statistische Behandlung der Frage.

a) Buchung der allgemeinen Unglücksfälle.

Zahlen beweisen und erklären die Ereignisse der Dinge. Es war deshalb vor Allem nöthig, eine öffentliche Buchführung über die im Bergbau überhaupt vorkommenden, also allgemeinen tödtlichen Verunglückungen anzulegen, und ist in dieser Richtung die Initiative von Belgien ergriffen worden, welches seit 1835 öffentlich bucht; ihm folgte Frankreich 1847, England 1851, Preussen 1852, Sachsen 1864 und

Oesterreich 1869. Es stellte sich dabei „das Gesetz der bergmännischen Verunglückungen" und eine Aeusserung desselben in drei Richtungen heraus. In erster Richtung wurde festgestellt, *a)* dass gegenwärtig von 1000 Bergarbeitern per Jahr rund 2·5 tödtlich verunglücken, *b)* dass diese Zahl nur erhoben werden kann, wenn grössere Zeiträume, nämlich solche von mindestens zehn Jahren in Betracht gezogen werden, *c)* dass die Länder des Bergbaues gering variiren, und dass *d)* sich selbst diese Unterschiede bei grösseren Zeitperioden nahezu ausgleichen. So verunglückten beim Bergbau aller Art im Termine von 1865—1870:

in Oesterreich . .	2·02	pro	1000	Arbeiter	und pro	Jahr
„ Belgien	2·29	„	1000	„		„
„ Preussen . . .	2·46	„	1000	„		„
„ Frankreich . .	2·88	„	1000	„		„
„ England . . .	2·35	„	1000	„		„

Verfolgt man die Verunglückungszahlen von Jahr zu Jahr, so nimmt man *e)* auch noch wahr, dass auf Jahre mit geringem Antheile pro Mille, also auf Jahre der Ebbe, sofort wieder solche der Fluth kommen, dass sonach der geringe Satz eines oder mehrerer Jahre das kommende Unheil sicher anzeigt. Oesterreich und Sachsen wissen namentlich davon zu erzählen; die niederen Ziffern in den Sechziger- und Siebzigerjahren sind durch das Unheil vom Jahre 1885 in Oesterreich und 1869 in Sachsen schrecklich erhöht und demnach die Zahlen für verflossene Decennien wieder nivellirt worden.

In zweiter Richtung wurde festgestellt, dass die Arten des Bergbaues einen ganz wesentlichen Einfluss auf das Maass der tödtlichen Verunglückungen ausüben, wie dies beispielsweise der preussische Bergbau schlagend nachweist.

Es verunglückten tödtlich im preussischen Bergbaue von 1000 Mann pro Jahr:

Art des Bergbaues	zwischen 1861—1866	1867—1884
beim Steinkohlenbergbaue	2·656	3·005
beim Braunkohlenbergbaue	2·269	2·405
beim Erzbergbaue	1·187	1·407
bei anderem Bergbaue	1·803	1·772
alle Arten zusammen	2·167	2·500

Diese Tabelle weist auch nach, dass überhaupt der Steinkohlenbergbau der gefährlichste ist, weil seine durchschnittlich grössere Tiefe, seine Fördermenge, also das grössere Getriebe, seine Wasserverhältnisse, namentlich aber seine Wetterverhältnisse die ungünstigsten unter allen Arten des Bergbaues sind, insbesondere aber auch noch die zahlreichen Tödtungen durch die herabfallende Kohle und die schon gekennzeichneten Einflüsse der Massenverunglückungen durch schlagende Wetter gegenüber den anderen Arten des Bergbaues hinzutreten. Die Staaten müssen also beurtheilt werden nach dem Vorwiegen des Steinkohlen- oder des Erzbergbaues und nach der bergtechnischen Art und dem chemischen Temperamente des jeweiligen Steinkohlenbergbaues.

Eine dritte Richtung, welche das Gesetz der Verunglückungen anzeigt, ist die, dass die tödtlichen Ver-

unglückungen von Jahr zu Jahr zunehmen, weil die immer weiter dringende Tiefe der Bergwerke und die immer grösser werdende unterirdische Ausdehnung derselben die technischen Schwierigkeiten, mit denen die Verunglückungen in Proportion stehen, vermehren, weil der gefährliche Steinkohlenbergbau immer zunimmt, und weil die Vergrösserung der Belegschaft (die in der Grube arbeitende Mannschaft) die gemeinsamen Verunglückungen grosser Menschenmassen immer mehr und mehr begünstigen. Der preussische Bergbau verzeichnete bei den Bergbauen aller Art im Zeitraume:

von 1841—1850	1·680	tödtliche Verunglückungen pro 1000 Arbeiter und pro Jahr.
„ 1851—1860	1·910	
„ 1861—1866	2·167	
„ 1867—1884	2·500	

Dieses Gesetz der bergmännischen Verunglückungen mit seinen drei grossen Fingerzeigen ist ein schreckliches Gesetz. Es zeigt uns, dass der Mensch unter dem Joche des Schicksals steht, dass er nicht ungestraft in die Tiefen der Natur hinabsteigen darf, dass er seine Cultur mit der Münze seines Lebens zahlen muss; und so oft wir uns an einem mit Kohle geheizten Ofen erwärmen, so oft wir uns an dem Lichte der Gasflamme erfreuen, so oft wir mit Dampfkraft die Länder durcheilen und die Meere durchschiffen, so oft wir Eisen hämmern, edles Geschmeide tragen, Gold und Silber für Lust und Freude dahingeben und Kupfer der Armuth reichen: so oft sollten wir auch immer daran denken, dass die Thränen

der Witwen und Waisen [1]) auf der anderen Seite der culturellen Waagschale liegen!

Würde aber der Mensch diesem Unglücksgesetze gegenüber gleichgiltig zusehen und sich dem Fatum ergeben, d. h. würde Wissenschaft, Praxis und Bergpolizei aufhören den Unglücksfällen entgegenzutreten, so würde unfehlbar die Natur diese Lässigkeit strafen und ein schreckendes Uebergewicht nehmen. Die Natur zwingt uns also zur Abwehr, und hierin liegt die metaphysische Begründung des bergmännischen Fortschrittes.

b) Buchung des allgemeinen Einflusses der schlagenden Wetter.

Durch die vorstehenden Angaben erhellt die grosse Gefährlichkeit des Steinkohlenbergbaues, und es handelt sich nun darum, den Einfluss specifisch festzustellen, wie sich die verschiedenen Ursachen der tödtlichen Verunglückungen beim Steinkohlenbergbaue hervordrängen, um klar zu werden, ob und inwieweit diesen Ursachen und in welcher Richtung gesteuert werden könne. In dieser Beziehung sind vier Gruppen der Ursachen in die Unfallsstatistik des Berg-

---

[1]) Im Jahre 1883 wurden bei den Berg- und Hüttenwerken in Preussen 308.283 Arbeiter beschäftigt. Die Zahl der Invaliden betrug in diesem Jahre 21,697 Mann, die Zahl der Witwen 26,397, die Zahl der vaterlosen Waisen betrug 41.981, jene der vater- und mutterlosen Waisen 2778; die Zahl der Krankentage 1,469.945; das Knappschaftsvermögen betrug 24,870.778 Mark 11 Pfennige.

baues eingeführt worden: die Ursache des Erschlagenwerdens durch das Herabfallen des Daches (Steinfall), die Ursache der Verunglückungen beim Fahren und Arbeiten in den Schächten, die Wetterexplosionen und die vierte Gruppe der sonstigen Ursachen. Es stellen sich im grossen Ganzen für das letzte Decennium bei dem Bergbaue in Grossbritannien, in Belgien, Frankreich, Preussen, Sachsen und Oesterreich die Wirkungen dieser Ursachen in Procenten und in runden Zahlen wie folgt dar.

Getödtet wurden:

1. durch Steinfall, rund	40	Procent
2. durch schlagende Wetter, rund . .	23	„
3. in Schächten, rund	19	„
4. aus sonstigen Ursachen, rund . .	18	„
zusammen . .	100	Procent

Hieraus ist also zunächst zu ersehen, dass die grösste Werthziffer nicht den schlagenden Wettern, sondern der Schwerkraft zukömmt, die sich beim Herabstürzen des Daches und ferner beim Herabfallen und Erschlagenwerden in den Schächten äussert, so dass von vorneherein erhellt, dass ein gänzliches Verbot der Schiessarbeit in Schlagwettergruben nicht so einfach dictirt werden darf, weil sich ohne das Schiessen die Unglücke durch Kohlenfall (kurz Steinfall) unzweifelhaft mehren würden.

Einer Zusammenstellung des preussischen Bergrathes Hasslacher entnehmen wir folgende Gruppirung der einzelnen europäischen Bergwerksstaaten.

Im Zeitraume von 1871—1880 verunglückten jährlich von 1000 beschäftigten Arbeitern durch Schlagwetter:

1. in Oesterreich (1875—1880) . .	0·281	oder	13·35 %	aller Verunglückungen.
2. in Preussen (1871—1880) . . .	0·280	„	9·68 %	
3. in Belgien (1871—1879). . . .	0·459	„	18·99 %	
4. in Frankreich (1871—1880) . .	0·495	„	22·34 %	
5. in Grossbritannien (1871—1880)	0·557	„	23·67 %	
6. in Sachsen (1871—1880) . . .	1·027	„	30·26 %	

Hieraus ist deutlich erkennbar, dass die früher erwähnten grossen Unglücke in Preussen und in Oesterreich vom Jahre 1885 die Freude dieser Länder, „wenig an schlagenden Wettern zu leiden", sofort quitt gemacht haben; diese vorgekommenen Unglücke haben vielmehr im Anfange der Achtzigerjahre wie ein Fatum ober diesen beiden Ländern geschwebt und konnten von den Statistikern, wenn auch ohne die Angabe der Zeit und des Ortes, nach dem Gesetze der Verunglückungen vorhergesagt werden.

c) *Specialstatistik der schlagenden Wetter.*

Nachdem bereits früher in England, Belgien und in Frankreich seitens der Staatsverwaltungen wissenschaftliche Commissionen zur Erforschung und Verhütung der Wetterexplosionen niedergesetzt worden waren, erliess Preussen am 18. October 1880 anlässlich der zu jener Zeit im In- und Auslande vorgekommenen schweren Verunglückungen eine Ministerial-

verordnung zur Niedersetzung einer sogenannten Schlagwettercommission, welchem Verfahren bald darauf Sachsen und 1885 auch Oesterreich folgte. Die preussische Commission begann ihr Werk zunächst mit der Zusammenstellung statistischer Daten durch den Bergrath Hasslacher. Diese Zusammenstellungen erschienen im Jahre 1882 in der Literatur, und eine weitere Folge war die, dass seit diesem Jahre in Preussen eine Specialstatistik über die Erscheinungen der schlagenden Wetter angelegt wurde. Aus derselben sind die folgenden Daten entnommen.

1. Einfluss des Förderquantums.

Auf eine Million Tonnen Steinkohlenförderung entfielen zwischen 1861 und 1881

in Preussen . . .	1·49	getödtete Arbeiter bei	0·60	tödtlich wirkenden Explosionen.
in Grossbritannien	2·17	"	" 0·43	
in Belgien	2·74	"	" 0·28	

Diese günstige Stellung hat Preussen nicht lange behalten, denn auf eine Million Tonnen Steinkohlenförderung entfielen

	tödtliche Explosionen	getödtete Arbeiter
im Jahre 1861—1881	0·60	1·49
" 1882	0·76	3·28
" 1883	0·67	1·85
" 1884	0·52	1·44

und das Jahr 1885 wird erneut ungünstigen Einfluss nachweisen.

2. Zahl der jährlichen Explosionen in Preussen.

Weitaus die meiste Zahl der Explosionen wirkt ohne Tödtung, und die Statistik lehrt, dass tagtäglich Explosionen im europäischen Kohlenbergbaue vorkommen.

In Preussen fanden statt:

	tödtliche Explosionen	nicht tödtliche Explosionen	Summe	Anzahl der getödteten Arbeiter
1861—1881 .	340	900	1240	846
1882	36	110	146	122
1883	34	116	150	94
1884	27	103	130	75

Die tödtlichen Explosionen betragen also nur 26 Procent von allen Explosionen.

3. Participirung der preussischen Steinkohlengruben an den Wetterexplosionen.

Es wurden von tödtlichen Explosionen betroffen:

1861	2·7	Procent	aller Steinkohlengruben;
1865	7·4	„	
1870	10·5	„	
1875	16·5	„	
1880	25·4	„	
1881	27·3	„	
1882	28·8	„	
1883	30·4	„	
1884	32·2	„	

woraus zu ersehen, wie sehr das Territorium der Explosionen sich von Jahr zu Jahr erweitert.

4. Einfluss der Art der Kohle.

Von allen, also tödtlich und nicht tödtlich wirkenden Explosionen entfielen in Betreff der Art der Kohle:

		1861—1881	1882	1883	1884
auf anthracitische und Sinterkohle	%	5·5	6·0	6·4	5·6
auf Flammkohle	%	23·7	23·3	26·4	19·2
auf Back- und Gaskohle	%	70·8	70·7	67·1	75·2

5. Einfluss der Tiefe unter Tage.

		1882	1883	1884
Unter 200 Meter Tiefe . . .	Procent	33·8	30·4	32·3
über 200 Meter Tiefe . . .	„	66·2	69·6	67·7

aller tödtlichen und nicht tödtlichen Explosionen. Der Einfluss des Vordringens in die Tiefe, also die Schwierigkeit der Ventilation, und das Ueberhandnehmen der Gasmagazine im höher liegenden „alten Manne", sowie die immer geringer werdende, natürliche Exhalation der Gase nach der Oberfläche des Terrains, nach dem „Tage" hin, ist demnach unverkennbar.

6. Einfluss der Lage der Explosionsstätten.

Von den sämmtlichen (tödtlichen und nicht tödtlichen) Explosionen entfielen in Procenten:

		1861—1881	1882	1883	1884
bei den Ausrichtungsarbeiten	Procent	3·2	2·0	5·3	6·9
bei den Vorrichtungsarbeiten	„	60·0	58·2	58·0	59·2
bei den Abbauarbeiten . . .	„	33·1	36·3	34·0	33·1
bei sonstigen Arbeiten . . .	„	3·7	3·5	2·7	0·8

woraus zu ersehen, dass die Vorrichtungsarbeiten, d. h. das frische Vordringen in die Flötze, welches

entlang dem Ansteigen der Flötze in die Höhe geht und vom Wetterstrome entfernt liegt, mit einer auffälligen Stabilität die gefährlichste Arbeit ist; beziehentlich, dass diesen Arbeitsstellen und Arbeitsarten die allergrösste Aufmerksamkeit zuzuwenden ist.

7. Einfluss der Zeit.

In Betreff der Jahreszeit herrscht, was den preussischen Kohlenbergbau betrifft, kein Gesetz; im Zeitraume von 1861—1881 war der Monat October, 1882 der Monat November, 1883 und 1884 jedesmal der Monat April derjenige der grössten Zahl der vorgekommenen Explosionen.

In Betreff des Einflusses der Wochentage auf die Zahl der vorgekommenen Explosionen weist die preussische Statistik Folgendes nach:

1861—1884 entfielen: Zahl der Explosionen	Sonntag	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag
1. tödtliche	12	87	81	66	76	51	64
2. nicht tödtliche . . .	32	240	192	174	195	208	188
3. Summe	44	327	273	240	271	259	252

Hiernach ist der Einfluss des Montages ein ganz unverkennbarer und zu schliessen, dass während des Ruhetages sich die Grubengase ansammeln, also der erste Arbeitstag nach einem Sonn- oder Feiertage zu ganz besonderer Vorsicht mahnt.

Was die Tageszeit betrifft, so ist durch die preussische Statistik ebenfalls die wichtige Thatsache festgestellt, dass der Beginn der Schicht sehr

schädlich hervortritt, weil der zu dieser Zeit stattfindende frische Anhieb der Flötze die vorhandenen Gasspannungen auslöst. Es entfielen Explosionen:

	1861—1881	1882	1883	1884
auf die Frühschicht (Tagesschicht)	702	100	91	74
auf die Nachmittagsschicht	212	32	37	34
auf die Nachtschicht	168	14	20	22
nicht erwiesene	158	—	2	—
Summe . .	1240	146	150	130

Es entfielen ferner Explosionen:

	1861—1881	1882	1883	1884
auf den Beginn der Schicht	605	63	68	62
auf die Mitte der Schicht	323	56	51	44
auf das Ende der Schicht	145	23	26	24
nicht erwiesene	167	4	5	—
Summe . .	1240	146	150	130

8. Einfluss der Arbeitsverrichtungen.

Es traten Explosionen ein:

	1861—1881	1882	1883	1884
bei den Arbeiten vor Ort	398	39	37	46
beim Anfahren (Betreten der Grube) .	214	29	27	32
beim Schiessen	48	8	11	8
beim Betreten unbelegter Strecken und des „alten Mannes“, sowie bei unbefugtem Befahren und beim Controliren des Wassersumpfes	73	2	8	3
bei der Untersuchung der Betriebspunkte	96	13	8	10
nach Ruhepausen	26	8	6	8
bei fünf einzeln beschriebenen sonstigen Arbeiten	55	13	10	8
Nicht näher ermittelt	330	34	43	15
Anzahl der Explosionen . .	1240	146	150	130

Hiernach erfordern die Arbeiten vor Ort und das Anfahren die allergrösste Vorsicht.

9. Einfluss der Temperatur.[1])

Die Anzahl der Explosionen vertheilt sich in Preussen nach der Temperatur:

	1882	1883	1884
Temperatur unter Null	10	7	4
1—10 Grad Celsius	53	54	45
11—15 „ „	26	36	19
16—20 „ „	12	12	21
über 20 Grad Celsius	2	3	8
nicht näher ermittelt	43	38	33
zusammen . .	146	150	130

Hiernach vermindern sich die Explosionsfälle in ganz auffälligem Maasse mit dem Steigen der Tagestemperatur über 10 Grad und dem Fallen unter Null, und wir stehen damit vor einem Räthsel, dessen völlige Lösung noch nicht reif ist, weil die Zahl der Beobachtungsjahre noch zu gering und die irritirende Zahl der „nicht ermittelten Fälle“ noch zu gross ist. Auch die ausgedehnten generellen Beobachtungen, die Scott und Galloway in den Jahren 1868—1872 gemacht und veröffentlicht haben, und welche 17—27 Procent der Explosionsfälle zu Zeiten von auffälligen Temperaturschwankungen registriren, ferner auch die ganz hervorragenden neuesten Publicationen von

[1]) Für den Zeitraum 1861—1881 liegt kein summarisches Beobachtungsmaterial vor.

Hilt und Hilbck über die Beziehungen des Luftdruckes und der Temperatur auf die Entwicklung der Grubengase gestatten zur Zeit noch keine hieher gehörige Aufklärung. Trotz Allem aber ist es klar: dass einerseits die Temperatur wegen des Zusammenhanges zwischen Luftdruck und Luftwärme auf das Entströmen der Gase aus den Flötzen einen Einfluss üben muss, und dass andererseits die Intensität der natürlichen Ventilation, welche zu der künstlichen hinzutritt, mit der Temperatur in innigster Beziehung steht. Wir werden weiter unten nochmals auf diesen wichtigen Gegenstand zurückkommen.

10. Einfluss des Luftdruckes.

Die preussische Statistik verzeichnet auch seit 1882 den Einfluss des absoluten Barometerstandes.

Es traten Explosionen ein:

	1882	1883	1884
bei dem Barometerstande unter 27 Zoll . . .	—	1	—
„ „ 27—27½ „ . . .	20	11	6
„ „ 27½—28 „ . . .	59	56	7
„ „ über 28 Zoll . . .	26	40	86
Nicht ermittelt	41	42	31
zusammen . .	146	150	130

Im Allgemeinen tritt, wie wir später bestimmt nachweisen werden, mit dem Fallen des Luftdruckes die Entwicklung des Grubengases, also auch die Gefahr, zunehmend hervor; hierbei sind aber weniger die absoluten Höhen des Barometerstandes, sondern die rapiden Wetterstürze von einem höheren auf einen

niederen Stand massgebend; es haben also die hier verzeichneten absoluten Höhen der Quecksilbersäule keinen Werth bezüglich zu machender Schlüsse, und dies um so weniger, als die Zahl der nicht ermittelten Fälle 114 von 426, also an 30 Procent, beträgt.

11. Einfluss der Witterung.

Es traten Explosionen ein:

	1882	1883	1884
bei klarem Wetter	39	68	54
bei trübem, Regen- oder Schneewetter. .	71	58	46
bei Gewitter	2	5	1
nicht näher ermittelt	34	19	29
Summe . .	146	150	130

Ferner traten Explosionen ein

	1882	1883	1884
bei Windstille	25	22	10
bei Wind	35	27	96
bei Sturm	16	4	5
Nicht näher ermittelt	70	63	19
Summe . .	146	150	130

Auch hieraus lassen sich, wegen der sehr grossen Zahl der unermittelten Fälle, zur Zeit noch keinerlei Schlüsse ziehen.

12. Die unmittelbare Veranlassung der Entzündung der Wetter.

So weit diese Veranlassung in Preussen festgestellt oder wenigstens als wahrscheinlich angenommen werden konnte, vertheilen sich die Explosionsfälle folgend:

Ursachen der Entzündung:	1861—1881	1882	1883	1884
1. Gebrauch offener Grubenlichter . . .	700	71	80	67
2. Benutzung v. Feuerzeug (Tabakpfeife)	13	—	3	2
3. Unbefugtes Oeffnen der Sicherheitslampe	89	8	11	7
4. Schadhaftwerden der Sicherheitslampe	78	10	18	7
5. Erglühen des Drahtkorbes der Sicherheitslampe	25	1	—	—
6. Erglühen des Russes, Oeles etc. am Drahtnetze der Sicherheitslampe . . .	—	—	—	—
7. Durchschlagen der Flamme durch das Netz der Sicherheitslampe, und zwar:				
a) in Folge rascher Bewegung der Lampe	124	13	12	18
b) in Folge grosser Wettergeschwindigkeit.	16	6	—	—
8. Sprengarbeit	155	32	24	26
9. Wetterofen	1	—	—	—
10. Grubenbrand	—	—	—	—
11. Nicht ermittelt	39	5	2	3
Summe . .	1240	146	150	130

Hiernach erscheinen

a) der unbefugte Gebrauch des offenen Lichtes mit	63·3 %
b) das offene Licht in Folge Schadhaftwerdens der Lampe mit	8·3 %
c) das Durchschlagen des Lichtes durch die Lampe mit	11·3 %
d) die Sprengarbeit mit	14·2 %
e) der Rest mit	3·0 %
Summe . .	100·0 %

woraus zu schliessen, dass die zur Zeit noch nicht ersetzte Sicherheitslampe dem Unverstande noch Thür und Thor öffnet und ein anderes Geleuchte ein

culturelles Bedürfniss ist. In allen vorgeführten Fällen sehen wir den grossen Werth der statistischen Aufzeichnungen hervortreten und muss dem Vorangehen Preussens in dieser Richtung das allergrösste Lob gezollt werden; nur scheint es geradezu als ein Gebot, dass durch eine entsprechende Commission ein **internationales Schema** für die Statistik der schlagenden Wetter aufgestellt werde, in welchem Schema unter Anderem der feineren, das Fallen und Steigen ersichtlich machenden Registrirung des Barometerstandes und der Temperatur mehr Platz gegönnt werden muss.

II. Die wissenschaftliche Erforschung der Schlagwetter.

In dieser Richtung ist von Gelehrten und Praktikern, von Gewerken und von den Staatsverwaltungen wahrhaft Grosses geleistet worden, und werden, wie es die ungemein reichhaltige Literatur bezeugt und es schon früher hervorgehoben wurde, alle menschenmöglichen Anstrengungen gemacht und grosse Opfer gebracht, um das Wesen der schlagenden Wetter, ihre Ursachen und ihre Erscheinungen klarzustellen und ihr Auftreten zu hindern und zu schwächen. Namentlich gefördert und concentrirt werden diese wissenschaftlichen Bestrebungen durch die seitens der Staatsverwaltungen niedergesetzten sogenannten Schlagwetter-

commissionen, wie solche in Frankreich mittelst Decret vom 26. März 1877, England 12. Februar 1879, Belgien 28. Juni 1879, Sachsen 11. Jänner 1880, Preussen 18. October 1880 und Oesterreich im Jahre 1885 bestellt wurden. Von ganz ausserordentlichem Werthe sind in dieser Beziehung zur Zeit insbesondere die Publicationen der englischen und der französischen Schlagwettercommissionen. Die ersteren betreffen einen Vorbericht, welcher auf 469 Folioseiten die Antworten auf 14431 gestellte Fragen an 69 Fachleute enthält und im Auszuge durch den Bergrath Professor C. G. Kreischer in dem bekannten Freiberger Jahrbuche pro 1882 übersetzt wurde. Der französische Bericht wurde von Hatton de la Goupillière, Daubrée, Mallard und le Châtelier redigirt und dem deutschen Publicum durch die Uebersetzungen und Bearbeitungen Seitens des Bergrathes Professor Hasslacher zugängig gemacht und im Auftrage des preussischen Ministeriums der öffentlichen Arbeiten im 29. und 30. Bande der Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen veröffentlicht. Diese literarischen Publicationen scheinen aber von den Berichten über die Arbeiten der preussischen Schlagwettercommission übertroffen zu werden, welche über Auftrag des Ministers v. Maibach in der Herausgabe begriffen sind. Wir finden in all den betreffenden Publicationen eine Stofffülle und ein wissenschaftliches Material zusammengetragen, welches nicht nur die Naturwissenschaften, insbesondere die Chemie, Physik, Mechanik und Meteoro-

logie im Allgemeinen, sondern ganz besonders die Wissenschaft vom Bergbaue in allen ihren vielen Zweigen berührt, und welche kein Fachmann, der sich auf der Höhe der Zeit bewegt, ungelesen und unstudirt lassen kann. Ausser diesen corporativen Publicationen sind aber auch ungemein zahlreiche Einzelarbeiten vorgenommen worden und Monographien erschienen, welche ein eminentes Zeugniss von der hohen Bedeutung der wissenschaftlichen Erforschung der Schlagwetterfrage und der grossen geistigen und werkthätigen Rührigkeit in Sachen dieser Tagesfrage geben. Es ist hier ganz unthunlich, die grosse Zahl dieser Publicationen anzuführen, und es sollen hier nur einige der Autoren, so insbesondere Pfähler, Nasse, Nonne, Huyssen, v. Renesse, Hasslacher, Hilt, Margraf, Hilbck, Förster, J. Mayer, Hoernecke, Köhler, Schondorff, Brookmann, v. Meyer, Simmersbach, Kreischer, Winkler, Menzel, Otto, Trauzl, Scutt, Galloway, Abel, de Souich, Vital, Verpilleux, Hatton de la Goupillière, Arnould, Mallard, le Châtelier, de Vaux, Hall, Clark, Lindsay-Wood etc., genannt werden, um den internationalen Umfang der geschehenen Arbeit und die Fülle der Bestrebungen andeuten zu können.

Greifen wir aus dem in der Literatur vorliegenden reichen wissenschaftlichen Materiale, zum Zwecke der Orientirung, nur das Wichtigste heraus, so sind folgende bisher gewonnene Resultate zu verzeichnen.

1. Die chemische Erkenntniss der Wetter.

Die Wissenschaft verfügt über sehr zahlreiche Analysen der verschiedensten Grubenwetter und über Zusammenstellungen derselben bezüglich der verschiedenen Flötze der Gruben, sowie bezüglich der Gruben ganzer Bergwerksreviere und Bergwerksstaaten. Diese Analysen betreffen nicht sowohl die Bläser, die Gassäcke und die Wetterströme, sondern auch die verschiedenen Grubenlocalitäten; auch sind bereits sehr scharfe Parallelen bezüglich der Menge des Auftretens des Kohlenwasserstoffgases und der jeweiligen Temperatur und Luftdruckhöhe in schon zahlreicher Weise nachgewiesen. Besondere Verdienste um diesen Gegenstand haben sich von den deutschen Chemikern namentlich Bunsen, Bischoff, Schondorff, Brookmann, v. Meyer und Winkler, sowie die Bergingenieure Nasse, Hilt, Hilbck, Köhler und J. Mayer erworben.

2. Die Beurtheilung und Verbesserung der Sicherheitslampen.

Es ist allgemein bekannt, dass anlässlich des grossen Massenunglückes auf der Felling-Colliery im Mai 1812 Davy im Jahre 1815 seine Sicherheitslampe erfand und gleichzeitig mit ihm auch Stephenson eine solche Lampe construirte. Diese Lampen beruhen, wie ferner bekannt, auf der Erscheinung, dass eine Flamme durch ein engmaschiges Drahtnetz unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht durchschlägt.

Derlei Lampen haben aber den Nachtheil, dass sie zum Oeffnen beim Putzen reizen, dass die Drahtkörbe leicht glühend werden, dass sich die Netze mit Kohlenstaub erfüllen und dieser dann glühend wird und das Erglühen des Gitters begünstigt, dass bei rascher Bewegung der Lampe oder bei raschem Luftstrome die Flamme leicht durchschlägt, und dass sie mehr oder minder leicht zerbrechlich sind und beschädigt werden können. Rechnet man zu den Bemühungen der Hintanhaltung dieser Uebelstände und Mängel noch die Bestrebungen zur Erhöhung der Leuchtkraft hinzu: so sind eine Menge von Momenten gekennzeichnet, welche zu verschiedenen Lampenconstructionen geführt haben, deren wichtigsten die von Müseler, Marsaut, Morison, Elvin, Herold, Teale, Dinat, Benitschke, Wolf, Ekardt, Boulanger und Clanny sind.

Ein Hauptaugenmerk bei allen Verbesserungen ist immer auf die Leuchtkraft, Haltbarkeit, den Verschluss und auf die Verhinderung des Flammendurchschlages gerichtet. Ueber diese sogenannten Sicherheitslampen sind mehrere hochwichtige Monographien erschienen, unter denen diejenigen von Marsaut, Joh. Mayer, Kreischer und Winkler, und Nonne, ferner jene hervorzuheben sind, welche im Midland Institut of Mining, im Civil and Mechanical Engineer und Manchester Geological Society so wie Seitens der preussischen Schlagwettercommission behandelt wurden. Diese Arbeiten haben verschiedene

Lampen untereinander verglichen und dies insbesondere in Bezug auf *a)* die Leuchtkraft, *b)* die Anzeige des Gasgehaltes im Grubenwetter und *c)* das Verhalten der Lampen bei der Wettergeschwindigkeit gegen das Durchschlagen der Flammen.

Im Allgemeinen ist das Urtheil über die Sicherheitslampen gegenwärtig kurz das folgende.

1. Die Lampe kann heutzutage absolut noch nicht entbehrt werden; Vorschläge, die Wetter immer so an Gasgehalt verdünnt zu halten, dass man mit offenem Lichte in die Grube überall hin gehen könne, sind doch zu vertrauensselig, als dass sie ernsthaft genommen werden könnten.

2. Die Lampe bietet keine absolute Sicherheit und verdient den Namen Sicherheitslampe keineswegs. Beschädigungen und ein Aufmachen der Lampe, welche die Flamme frei stellen, sind nicht in allen Fällen hintanzuhalten; insbesondere aber ist das Durchschlagen der Flamme durch den Drahtkorb, welches eintritt, wenn entweder die Lampe rasch bewegt wird, oder wenn die Grubenluft eine sehr grosse Geschwindigkeit erlangt, ein Nachtheil, der nicht genugsam hervorgehoben werden kann. Man hat keine anderen Mittel, diesen Nachtheil der sogenannten Sicherheitslampen hintanzuhalten, als dasjenige der Verlängerung des Flammenweges und der doppelten Drahtnetze, und als jenes der Anbringung eines Schirmes oder Schutzbleches, welches gegen den Wind gehalten werden muss, respective soll. Aber es ist ganz erklärlich, dass

derlei Anordnungen nur eine secundäre Wirkung besitzen, und hat deshalb die Wissenschaft sich bemüht, zunächst die Grösse der gefährlichen Wettergeschwindigkeit festzustellen; hieher gehören namentlich die hervorragenden Untersuchungen von Mallard und le Châtelier, von Winkler und Kreischer und von Joh. Mayer. Derlei Untersuchungen haben die Lampenconstructionen ganz wesentlich gefördert und insbesondere auch zu den Constructionen von Clanny, Evan-Thomas, Wolf u. A. geführt.

Die Sache liegt jedoch, wenn eine Umschau im grossen Ganzen gehalten wird, gegenwärtig noch so, dass die Angaben, wonach die Clanny-Lampe bei 12 Meter Wettergeschwindigkeit verlöscht, aber nicht zündet, vereinzelt sind; ebenso sind die Beobachtungen vereinzelt, dass bei einigen Constructionen unschädliche Wettergeschwindigkeiten von 6 bis 8 Meter pro Secunde constatirt wurden; vielmehr lehrt der grösste Theil der Versuche, dass schon Geschwindigkeiten von $2^1/_2$ bis 3 Meter für gefährliche gehalten werden müssen.

So haben die Versuche zu Eppleton die gefährlichen Geschwindigkeiten mit 2·4 Meter bei der Müseler-Lampe, mit 2·7 Meter bei der Clanny-Lampe und der Stephenson-Lampe festgestellt; ferners die Versuche auf der Hettongrube nachgewiesen, dass eine jede der dort erprobten verschiedenen Lampen bei 3·6 Meter Wettergeschwindigkeit für unzuverlässlich gehalten wird; des Weiteren hat die englische Schlag-

wettercommission Geschwindigkeiten von 2·9 bis 3 Meter als Gefahr bringend bezeichnet und hat auch Mallard die gefährlichen Geschwindigkeiten mit 2·4 bis 3·4 Meter erhoben. Im belgischen und im französischen Grubenbaue fürchtet man bereits Wettergeschwindigkeiten von 2 Meter, und ist es in Frankreich verpönt, die Lampen an die Kummete der Grubenpferde zu hängen, weil die Pferde die Lampe schütteln, auch verpönt in der Nähe der Lampen die Kleider zu schütteln, und müssen die Lampen entfernt aufgestellt werden, wenn Kohlenstücke hereingetrieben, also durch deren Niederfallen grosse Luftgeschwindigkeiten erzeugt werden.

Wir haben es also mit einer ganz fatalen Eigenschaft der sogenannten Sicherheitslampe zu thun, welche ganz unwillkürlich das elektrische tragbare Licht (wie u. A. Swan und Trouvè sich diesfalls bemühen) als ein anzustrebendes Ideal hinstellt, und dies um so mehr, wenn man die verschiedenen Ursachen in Betracht zieht, welche die Flamme zum Durchschlagen durch den Drahtkorb zwingen können. Solcher Ursachen gibt es im grossen Ganzen vier. Erstens die eigenwillige, rasche Bewegung der Lampe durch den Bergmann; nun, diese Ursache kann durch Umsicht, Vorsicht und Bildung des Arbeiters bis zu einem gewissen Grade verbannt werden; ganz aber nie, weil diese Eigenschaften ebenso wenig allgemein vorhanden sind, wie stete Geistesgegenwart und Gemüthsruhe des Menschen. Zweitens ist die künstliche Wetterge-

schwindigkeit zu beachten. Bezeichnet man das pro Secunde nöthige Wetterquantum mit Q in Cubikmetern, das mittlere Profil der Wetterstrecken mit F in Quadratmetern, die Wettergeschwindigkeit mit V in Metern pro Secunde, und mit μ den Nutzeffect, so ist $v = \frac{Q}{F\mu}$; es ist also je nach dem Grubentemperamente für die jeweilige Grubenlocalität ein gewisses V nothwendig, welches öfters über die gefährliche Geschwindigkeit hinausgehen kann, glücklicher Weise aber meist darunter bleibt und meist nur in einer Grubenlocalität auftritt, in welcher eine gefährliche Gasmischung nicht vorhanden ist. Die dritte Ursache der Durchschlagung der Flamme ist das Herabfallen der Lampe aus grösserer Höhe; hierbei wird eine Endgeschwindigkeit erzeugt, welche

bei 2 Meter Fallhöhe schon rund 6 Meter,
„ 3 „ „ „ „ 8 „
„ 5 „ „ „ „ 10 „

beträgt und um so gefährlicher ist, als die Luft von unten in die Lampe eindringt, also die Flammen noch leichter hinaustreibt, wie es der Fall ist bei den Geschwindigkeiten, welche die Lampe in normaler Richtung treffen, wie solches bei den oben erwähnten Versuchen meist gehandhabt wurde. Rechnet man noch hinzu, dass bei dem Herabfallen der Lampe dieselbe sicher meistens auch zerbrechen, also die Flamme des Oeftern dabei freilegen wird, so ist die Veranlassung zum Unglücke desto erklärlicher. Viertens tritt aber

eine plötzliche und ganz vehemente Geschwindigkeit der Grubenluft noch in folgenden drei Fällen auf: nämlich *a)* bei Sprengschüssen, *b)* bei plötzlichen Gasausströmungen und *c)* bei plötzlichen Niederbrüchen des Daches; bei *b)* und *c)* und oft auch bei *a)*, wenn Gasreservoire durch den Schuss aufgeschlossen werden, kommt noch eine plötzliche Ueberhandnahme des Kohlenwasserstoffgases hinzu, also die gefährliche Mischung, welche in der Lampe zum Brennen und Explodiren gelangt, daher desto leichter aus dem Korbe schlägt. Betrachten wir aber nur die vermehrten Luftgeschwindigkeiten, welche bei diesen drei Fällen auftreten können, so erscheinen dieselben als vollauf gefährlich, wenn man sich die bekannten Windgeschwindigkeiten in freier Luft gegenwärtig hält. Es beträgt nämlich die Luftgeschwindigkeit über Tage in Metern pro Secunde:

1. bei kaum merkbarem Luftzuge . .	1	Meter
2. bei gelindem Winde	2	„
3. bei einem frischen Winde (Brise) .	6	„
4. der beste Windmühlenwind . . .	7	„
5. sehr frischer Wind	9	„
6. fast stürmisch	12	„
7. stürmisch	15	„
8. heftiger Sturm	30	„
9. Orkan selbst bis	50	„

3. Gegenüber diesen üblen Eigenschaften der sogenannten Sicherheitslampe, welche uns in der ungezwungensten Weise und vollständigst eine grosse

Reihe der dem Ungefähr anheimgestellten Veranlassungen der Massenunglücke erklären lassen, und welche es als eine culturelle Aufgabe hinstellen, dass es gelingen möchte, ein anderes, insbesondere das tragbare elektrische Geleuchte einzuführen: besitzt die Sicherheitslampe aber doch eine ganz ausserordentlich wichtige, gute Eigenschaft, nämlich diejenige, dass sie der bis jetzt beste Anzeiger der Schlagwetter ist. Bekanntlich besitzen wir verschiedene Indicatoren, welche die Anwesenheit des Grubengases constatiren, so z. B. die von Ansell, Wilson, Maurice, Liveing, Somzée und Coquillion; allein alle stehen der sogenannten Sicherheitslampe deshalb nach, weil die letztere die unschätzbare Eigenschaft besitzt, nicht allein die Anwesenheit des Gases, sondern auch die ohngefähre Quantität des letzteren anzuzeigen, und zwar dies durch Form und Farbe der Flamme, wie dies allgemein bekannt und durch ausführliche Beschreibungen von Pfähler und Hoernecke, insbesondere aber durch die epochalen Versuche von Mallard, von Kreischer und Winkler und Seitens der preussischen Commission dargethan worden ist. Wenn man nämlich den Docht der Lampe bis auf etwa 3 Millimeter herabzieht, so zeigt die Lampe die Mischung von Grubengas (1) zur Menge der atmosphärischen Luft folgend an. Bei 1 : 30 wird die Flamme lang und spitzig und das Vorhandensein von Gas schon sichtbar; bei 1 : 15 werden die Wetter in der Lampe brennend, die Flamme verlängert sich weiter und brennt blassblau;

bei 1 : 14 pflanzt sich die Flamme ohne Detonation durch die ganze Lampe fort; bei 1 : 12 füllt sich der ganze Cylinder mit blau gefärbter Flamme, erfolgen schon Detonationen und ist die Nähe der grössten Gefahr angezeigt; bei 1 : 10 bis 1 : 8 erfolgen die heftigsten Explosionen in der Lampe und ist die gefährlichste Mischung indicirt; bei 1 : 7 bis 1 : 5 vermindert sich die Gefahr; bei 1 : 3 erfolgen keine Explosionen mehr; bei 1 : 3 bis 1 : 1 verlischt die Flamme.

Diese Eigenschaft der Anzeige des Gasgehaltes, welche zur Zeit am besten durch die Pieler-Lampe bewerkstelligt wird, ist ganz unschätzbar und wird auch die Sicherheitslampe immer zur Verwendung bringen, selbst wenn das Ideal einer anderen Beleuchtung, welches man gegenwärtig, wie bemerkt, im elektrischen Lichte betrachtet, erreicht werden sollte.

3. Die Ventilation der Grube.

Alle Fachgenossen stimmen darin überein, dass zur Zeit das wirksamste Mittel einer Beseitigung der Schlagwettergefahr lediglich in der guten und ausgiebigen Ventilation der Grube besteht. Weil das Austreten der Gase den Wandflächen der Grube, also der Grösse der Förderung und in letzter Instanz der Anzahl der Arbeiter entspricht, sobald man nur normales Austreten der Gase im Auge hat, so ist es bisher üblich gewesen, die nothwendige Menge der zuzuführenden Luft nach der Anzahl der in der Grube befindlichen Arbeiter zu be-

stimmen, und zwar in Cubikmetern pro Mann und pro Minute. Es ist jedoch selbstredend das chemische, mechanische und das bergtechnische Temperament einer jeden Grube und deshalb auch das Mass der Zufuhr verschieden. Im Allgemeinen wechselt es zwischen 1·5 und 3·5 Cubikmeter per Minute und pro Mann, wobei meistens ein Pferd zu vier Mann gerechnet wird. In Preussen, Frankreich und Sachsen ist es üblich, im Allgemeinen 1·7 bis 2·0 Cubikmeter anzusetzen, in Belgien geht man im Mittel auf 2·5 Cubikmeter; in Amerika rechnet man 2·5 bis 3·5 Cubikmeter; in Oesterreich rechnet man zur Zeit bei wenig Schlagwettern 1 bis 3 Cubikmeter, bei viel Gasgehalt 2 bis 4 Cubikmeter, bei sehr viel Gasgehalt sogar 4 bis 6 Cubikmeter; in England werden mindestens 2·8 Cubikmeter pro Mann und Minute gerechnet, obschon es Gruben, beziehentlich Grubentheile gibt, welche mit 10 Cubikmeter Zufuhr pro Mann und pro Minute arbeiten. Alle diese Angaben sind jedoch nur von allgemeinem Charakter und bereitet sich in der Gegenwart ein Umschwung in der Zufuhrbemessung vor. Mittelst eingehender und hochinteressanter Versuche haben nämlich insbesondere J. Mayer in Ostrau, Hilt in Aachen und Hilbck in Dortmund nachgewiesen, dass, wie es in der Grubenpraxis schon längst empfunden wurde, die Ausathmung der Gase mit der Ansichtsfläche der aufgeschlossenen Kohle und speciell mit der jeden Tag frisch aufgeschlossenen Kohlenfläche, je nach dem Destillationsvermögen und je nach den geo-

tektonischen Verhältnissen einer jeden Grube ziemlich parallel geht, und dass also das tägliche Förderquantum die richtigste Einheit ist, nach welcher hin jeder einzelnen Grube, beziehentlich dem Grubentheile, die Zufuhr frischer Wetter bemessen werden sollte.

Wie schon aus dem früher Gesagten hervorgeht, beruht der bedeutsame Werth der Ventilation auf der überaus günstigen Eigenschaft des Grubengases, dass es bei einem gewissen Verhältnisse der Mengung mit atmosphärischer Luft ohne Gefahr ist. Diese gefahrlose Mengung nun zu jeder Zeit und an jedem Ort der Grube herzustellen, ist eine überaus schwierige und nur immer annähernd zu lösende Aufgabe und deshalb wird es immer vorkommen, dass sich in der besteingerichteten Grube entzündbare Wetter sammeln. Man ist deshalb bemüht, in der Ventilation zu immer weiteren Verbesserungen vorzuschreiten. Vor Allem, und insbesondere durch die Verdienste von Nitton, Struve, Reichenbach, Combes, Rittinger, le Soinne, la Motte, Pasquet, le Mielle, Root, Fabry, Evrard, Cooke, Pelzer, Sievers und namentlich Quibal, war man bestrebt, die Frage der vortheilhaftesten Wettermaschine zu lösen. Nachdem dies bis zu einem sehr hohen Grade der Vollkommenheit geschehen war, ging man daran, die den Schlagwettergruben gefährlichen Wetteröfen immer mehr und mehr zu verbannen, und schreitet man gegenwärtig insbesonders zu Detailfragen, welche einen völligen Umschwung in der bisherigen Methode der Ventilation be-

treffen. Man wirft sich nämlich in dieser Beziehung gegenwärtig auf die sogenannte Separatventilation, indem, wie es der sächsische Oberbergrath Förster schlagend nachgeweisen hat, ein grosser Vortheil zu erreichen ist, wenn man vom frischen Wetterstrome aus Seitenleitungen in die entlegenen und insbesondere in die höher gelegenen Baustellen entsendet. Die zweite, ebenfalls in neuerer Zeit ins Rollen gebrachte Frage ist die, ob man, wie bisher üblich und mit gewissen praktischen Vortheilen verknüpft, die frische Luft in die Grube einsaugen oder sie hineinblasen soll. Das Blasen hat nämlich den Vortheil, dass es die Luft verdichtet und dadurch der Austritt der Gase aus den Flötzen und den Gassäcken gehemmt wird; manche Ingenieure verwerfen es aber, weil gewisse Schwierigkeiten bei der Situirung des Ventilators auf dem tiefsten Punkte der Grube und angeblich gewisse Gefahren bezüglich der leichteren Entzündlichkeit der Wetter und grössere Anfachung der etwa vorhandenen Kohlenbrände damit verknüpft sein sollen. In neuerer Zeit beginnt aber ein Umschwung zu Gunsten der blasenden Ventilatoren. Schon Huyssen hat anlässlich der Besprechung der Schlagwetterkatastrophe auf der Lauragrube bei Preussisch-Minden bereits 1853 auf die Zweckmässigkeit des Blasens statt des Saugens hingewiesen; die belgischen Ingenieure haben Versuche in dieser Richtung angestellt; insbesondere aber ist es die von Otto beschriebene neue Anlage eines blasenden Ventilators auf dem Alexanderschachte bei Planitz in Sach-

sen, welche als Bahnbrecher der neuen Ventilationsmethode für Schlagwettergruben gelten kann. Indess ist es nicht allein das Zurückhalten der Ausströmung der Gase, welches die blasende Ventilation erwünscht macht, sondern es kommt auch noch die erleichterte Diffusion des Grubengases mit der atmosphärischen Luft beim blasenden, statt saugenden Ventilationsvorgange, besonders „vor Ort“, in Betracht. Diese Diffusion ist bekanntlich eine beschränkte, und man hat längst die Erfahrung gemacht, dass eine mechanische Einwirkung dieselbe verbessert; eine solche wird nun durch das Hinblasen der atmosphärischen Luft erzielt. Versuche, welche Menzel in dieser Richtung durchgeführt hat, erweisen dies unzweifelhaft. Wenn mit T die Temperatur der Wetter vor Ort, mit W die durch eine Sicherheitslampe nachgewiesene Quantität der Schlagwetter im Ortsraume und mit V die secundliche Wettergeschwindigkeit vor Ort bezeichnet wird, so haben die Menzel'schen Versuche Folgendes erwiesen:

	V Meter	T Grad Réaumur	W Cubikmeter
I. Blasend . . .	0·40	—	1·0
	0·30	21·1	1·5
	—	20·8	1·5
	0·48	20·5	1·0
II. Saugend. . .	0·39	21·8	2·5
	0·49	20·9	4·0

Hiernach bleiben also bedeutend mehr Schlagwetter vor Ort sitzen, wenn man saugt, statt bläst.

Gleich günstige Resultate veröffentlicht auch Otto anlässlich der Beschreibung der blasenden Anlage auf dem Alexanderschachte bei Planitz; dort wurde bei dem ehemaligen saugenden Betriebe vor Ort ein Kohlensäuregehalt von mehr als 20 pro Mille, beim blasenden aber ein solcher von nur 0·8—3·0 pro Mille nachgewiesen.

4. Die Rolle des Kohlenstaubes.

Schon seit langer Zeit hat man in trockenen Gruben die Erfahrung gemacht, dass durch die Schlagwetterexplosionen auf den Hölzern der Grubenzimmerung, auf den Förderwagen und sonstigen Geräthen ein sammtartiger Ueberzug gebildet wird, welcher sich als eine Vercoaksung von feinen Kohlenpartikelchen herausstellt. Die Quantität und Qualität dieser Vercoaksung gibt auch die Richtung und Intensivität des Feuerweges einer Explosion an. Man war deshalb am Anfange her der Ansicht, dass diese Erscheinung von dem aufgewirbelten und verbrannten Kohlenstaube herrühren müsse, und bemühte sich, diese Sache näher zu untersuchen, weil es offenbar war, dass der verbrennbare Kohlenstaub in Fällen des Eintrittes von Schlagwettern eine sehr nachtheilige Rolle spielen müsse.

Faraday und Leyell waren 1845 die ersten Gelehrten, welche anlässlich der Untersuchung der Haswell-Explosion die schädliche Rolle des Kohlenstaubes hervorhoben; nächst ihnen machte du Souich

in Frankreich anlässlich der im Jahre 1855 stattgefundenen Explosion auf der Firminy-Grube auf denselben Gegenstand aufmerksam; desgleichen hoben de Souich und Estaunié 1861 anlässlich der Explosion auf der Treuil-Grube in Frankreich die Sache erneut hervor; ihnen folgte Verpilleux 1864 und 1867, Vital 1875, Galloway 1876 und 1879, Hall und Clark 1878, Marecco und Morisson 1879, Abel und Galloway 1881, Mallard und le Châtelier 1882 und Hilt 1883.

Um in dieser wichtigen Angelegenheit wissenschaftlich klar zu sehen, ging Galloway schon 1876 experimentativ vor, wiederholte diese Versuche 1879 und erstattete seinen Bericht an die Royal Society. Dieser hervorragende Gelehrte verwendete zu seinen Versuchen eine mit Fenstern versehene 45 Meter lange Röhre, in welche Kohlenstaub gestreut und Grubengas eingeleitet wurde, und beobachtete derart das Wesen der Entzündung und Fortpflanzung des Feuers. Lindsay-Wood und Marecco führten ebenfalls Versuche auf der Hatton-Grube aus; Hall und Clarke experimentirten in einem gemauerten Stollen; die umfangreichsten Versuche sind jedoch seitens des Ingenieur-Vereines von Chesterfield und Derbyshire, dann seitens der englischen Schlagwettercommission, und neuestens seitens der preussischen Schlagwettercommission vorgenommen worden. Die letzteren Versuche wurden über Antrag des Bergassessors Hilt in Aachen 1883 eingeleitet und auf der Grube König bei Neunkirchen

im Saarbrücken'schen in einem eigens über Tage erbauten, mit Fenstern versehenen und 51 Meter langen Stollen durchgeführt.

Bei all diesen Experimenten wurde der Kohlenstaub an und für sich chemisch und mikroskopisch untersucht und in den Untersuchungsraum eingestreut. Es wurde alsdann in den Röhren- oder Stollenraum Grubengas in verschiedenen Mengen eingeführt und wurden in dem Raum theils Schüsse abgefeuert, theils Gesteinssprengungen vorgenommen; ebenso wurde auch Staub von sehr vielen Gruben und von verschiedener Korngrösse beobachtet und schliesslich auch die Wirkung des Feuers bei künstlich mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegtem Staub erhoben. Die Hauptresultate über all' diese Versuche, welche der deutschen Literatur durch die Mittheilungen von Nasse, Kreischer, Hilt, Margraf, Mayer u. A., so wie durch die preussische Schlagwettercommission zugängig gemacht worden sind, lassen sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

1. Der Kohlenstaub erwies sich im Allgemeinen stets als schädlich; diese Schädlichkeit ist bei Staubsorten verschiedener Gruben differirend, immer aber wächst sie, ausgedrückt durch die Flammenlänge des Schusses, mit der Feinheit des Staubes und mit der grösseren Bewegungsgeschwindigkeit desselben.

2. Die Sprengschüsse erweisen sich bei Anwesenheit von Kohlenstaub sehr gefährlich und desto gefährlicher, wenn Grubengas vorhanden ist; bei 7 Procent

Grubengasgehalt wurden die ganzen Experimentationsräume mit dem Feuer erfüllt und grössere mechanische Wirkungen (Manometerdrücke, Fortschleudern von Wagen, die auf einem Eisenbahngeleise standen), beobachtet.

3. Sprengungen mit Pulver sind weit gefährlicher als jene mit Dynamit; während bei Gasmischungen von 3 Percent die Pulverladungen den Kohlenstaub immer zündeten, trat dies bei Anwendung von Dynamit erst bei 7 Percent Gasmischung ein; es ist damit eine Behauptung erwiesen worden, welche der bekannte Ingenieur, Hauptmann Trauzl schon früher akademisch aufgestellt hatte.

4. Das Feuer der entzundenen Wetter pflanzt sich auch gegen den Strom der Wetter fort und ist in vielen Fällen die Mitwirkung des Staubes dabei deutlich zu erkennen.

5. Als ganz besonders schädlich für die Entstehung der Flammenlänge eines Sprengschusses wurde die Verdämmung des Schusses mit Kohlenstaub befunden.

Man sieht demnach, dass der Kohlenstaub, welcher durch Sprengschüsse, wie dies schon Galloway durch seine berühmten Experimente 1874 nachgewiesen hatte, und durch die Wetterexplosionen mächtig aufgewirbelt und wolkenartig durch die Grubenräume bewegt wird, ein ganz ungemein gefährliches Medium für die Vermehrung des Feuers und für die Transportirung desselben ist, so-

wie, dass die Nässung des Staubes von Vortheil ist; andererseits würde es aber gefehlt sein, den Kohlenstaub als die Ursache von Explosionen anzusehen.

5. Einfluss des Luftdruckes.

Schon seit langer Zeit ist es in bergmännischen Kreisen bekannt, dass die Wetterexplosionen in einem gewissen Zusammenhange mit den sogenannten Wetterstürzen, d. h. mit dem starken und raschen Falle der Quecksilbersäule des Barometers stehen. In England wurde seit jeher den Schlagwettergruben bei fallendem Barometerstande die grösste Vorsicht zugewendet; ferner erschien bereits im Jahre 1854 von dem damaligen Berggeschwornen und jetzigen preussischen Oberberghauptmann Dr. Huyssen eine Monographie über die am 19. August 1853 auf der Grube Laura bei Preussisch-Minden stattgehabte Explosion, in welcher Monographie (meines Wissens die erste in der deutschen Literatur) schon der Thermometer-, Barometer- und Hygrometerstand in Betracht gezogen wird; in Oesterreich machte Schlehan und v. Hingenau schon 1869 auf den Gegenstand aufmerksam und wurden auf den Rothschild'schen Gruben bereits zu jener Zeit Barometerbeobachtungen registrirt; v. Renesse erwähnt schon 1868 anlässlich der hochinteressanten Monographie über die Explosion zu Neu-Iserlohn des Ansammelns der Gase bei tiefen Barometerständen; und Otto berichtet, dass auf den v. Arnim'schen Gruben schon seit 1875 jedes erhebliche schnelle Sinken

des Barometers beobachtet und ein Ansammeln der Gase constatirt wurde, so besonders am 3. December 1883 und am 26. October 1884; endlich constatirt auch J. Mayer diesen Zusammenhang auf mährischen Gruben. Schon seit langer Zeit also wird auf allen Gruben, welche mit Schlagwettern behaftet sind, der Luftdruck beobachtet, aber die Daten sind nicht überall gesammelt worden, wie dies schon Hasslacher beklagt. In England wurde von 1868 ab eine diesfällige Statistik angelegt und verzeichnet Galloway, dass von den in England stattgefundenen Wetterexplosionen im Jahre 1868: 47, im Jahre 1869: 48, im Jahre 1870: 50, im Jahre 1871: 55 und im Jahre 1872: 58, also rund 50 Procent in die Zeiten von Luftdruckänderungen fielen. Die englischen und die deutschen Ingenieure messen hiernach dem sinkenden Luftdrucke für das Auftreten der Schlagwetter einen bestimmten nachtheiligen Charakter bei; die französischen Ingenieure jedoch äusserten sich diesfalls nicht so bestimmt und geben dieser Ansicht selbst noch in ihren, ausser allem Zweifel wissenschaftlich ungemein hochstehenden Publicationen der Schlagwettercommission offenen Ausdruck. Aber gerade diese gegenüberstehenden Ansichten sind Ursache, dass in neuester Zeit von allen Bergingenieuren sehr eingehende Registrirungen über die Barometerstände gemacht und diese amtlich gesammelt werden, so dass binnen wenigen Jahren ein reichhaltiges Material vorliegen wird. Die absoluten Barometerstände sind, wie schon früher

angedeutet wurde, hiebei von weniger Gewicht als die **Beobachtung des Ganges des Barometerstandes.** Dies hat zuerst Nasse nachgewiesen, indem er auf der Gerhardgrube bei Saarbrücken vom 1. März 1876 bis 28. Februar 1877, also ein ganzes Jahr hindurch, den Gang des Barometers beobachtete und das Hereintreten des Grubengases in den Bau mit diesem Gange in Vergleich stellte. Nasse bediente sich dabei der Sicherheitslampe als eines Indicators, welcher die Anwesenheit des Grubengases durch die Erscheinungen der Flamme als „schwach", „mittelstark" und „sehr stark" constatirte. Die Publication dieser Versuche im 25. Bande der Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen ist eine der bedeutendsten Erscheinungen auf dem reichen Gebiete der Schlagwetterliteratur, um so mehr, als Nasse die Mängel seiner Beobachtungen über den Gasgehalt vermittelst der Sicherheitslampe durchaus nicht verkannte, sondern schon 1877 die erst in der Gegenwart betretene Methode der Analyse der Gase für nothwendig hervorhob. Trotzdem aber konnte Nasse schon ganz effectiv nachweisen, dass der fallende Gang des Barometers eine Erhöhung des Gasgehaltes in dem Grubenwetter herbeiführt. Da aber auch mit dem Wachsen der Gefahr die Vergrösserung der Zahl der Explosionen bis zu einem gewissen Masse zusammenhängt (ganz kann dies nie sein, weil immer noch die Veranlassung der Entzündung der Wetter, also gewissermassen eine Constante hinzutreten muss), so erhellt,

dass der durch den Quecksilberstand signalisirte Wettersturz von Einfluss auf die Gefahr, beziehentlich auf die Explosionen sein muss. Die Nasse'schen Versuche erhielten in der Praxis insoferne eine Bestätigung, als thatsächlich nur allzu häufig die Explosionen zur Zeit von Wetterstürzen eintreten, namentlich mehrere Massenunglücke dieses Merkmal aufwiesen; so fanden unter Anderem folgende Explosionen bei rapidem Falle des Barometers statt: auf Grube Neu-Iserlohn am 15. Jänner 1868; zu Polnisch-Ostrau am 8. October 1884; zu Karwin am 6. März 1885; auf den Saarbrückener Camphausen-Schächten am 18. März 1885; zu Clifton-Hall am 18. Juni 1885. Ein Fachmann aber wird im Wettersturze niemals die Ursache der Explosion, sondern nur die Erleichterung ihres Erscheinens erkennen; er wird aber zur Zeit des Wettersturzes ganz besonders vorsichtig sein. In neuerer Zeit sind nun bedeutsame Forschungen über die Parallelität des Wettersturzes mit der Gasvermehrung, und zwar ziemlich gleichzeitig gemacht worden, so auf den Gruben der Kaiser Ferdinands-Nordbahn in Mähren durch Mayer, auf der Gabrielizeche des Erzherzogs Albrecht in Schlesien durch Walcher und Köhler, auf den Gruben „Ath-Gouley" und „Gemeinschaft" im Wurmreviere bei Aachen durch Hilt, und auf der Westphaliazeche bei Dortmund durch Hilbck (beide letztere Versuche über Veranlassung der preussischen Schlagwettercommission). Die Walcher-Köhler'schen Versuche wurden zuerst (Herbst 1885) publicirt und die beiden

letzteren Versuche erst in den gegenwärtigen Tagen. Die Karwiner Versuche erregten wegen der Priorität der Publication ungemeines Aufsehen und weisen ebenso wie ganz besonders die Specialversuche auf den Gruben Ath-Gouley, Gemeinschaft und Westphalia das vermehrte Auftreten des Gases, also die Vermehrung der Explosionsgefahr zu Zeiten verminderten Luftdruckes auf das Schlagendste nach; die Walcher-Köhler'schen Versuche sind aber auch noch deshalb von bedeutsamem Werthe, weil in einzelnen Fällen die Eintrittsöffnung der frischen Wetter verschlossen und mittelst des saugenden Ventilators die ganze Grubenluft verdünnt und demnach ein künstlicher Wettersturz erzeugt wurde.

Hiernach kann nun gegenwärtig kein Zweifel mehr darüber existiren, dass ein rapides Sinken der Quecksilbersäule die Vermehrung des Eintrittes der Gase in die Grube ganz wesentlich begünstigt, und dass zu solchen Zeiten in den Gruben die allergrösste Vorsicht geboten ist, insbesondere die Wetterzufuhr vermehrt und die Schiessarbeit verboten werden muss, wie dies letztere unter Anderen auch auf den Erzherzoglich Albrecht'schen Gruben stricte angeordnet wurde.

Von grossem Interesse ist das Specialstudium des Einflusses des Barometerstandes auf die Arten des Hervortrittes des Gases in die Grube. Dieser Einfluss wird am geringsten sein auf die Bläser und auf die durch mechanische Art hervorgerufenen plötz-

lichen Massenaustritte der Gase aus den Gasmagazinen, weil selbst ein rapider Fall der Quecksilbersäule gegenüber diesen Pressungen verschwindet. Offenbar aber ist der Einfluss schon grösser bei der gewöhnlichen Exhalation und dem Krebsen und massgebend vorhanden bei dem langsamen Austritte der Gase aus dem „alten Manne“ und aus den „Wüstungen“.

Im ersten Momente sollte man denken, dass selbst ein rapider Quecksilberfall sowohl die normale Ausathmung, wie auch das Krebsen des Gases aus der Kohle nicht wesentlich beeinflusse, weil Experimente vorliegen, welche erwiesen haben, dass schon bei geringer Tiefe im Innern der Kohle sehr bedeutende Pressungen auftreten. Arnould, Lindsay-Wood und J. Mayer haben sich mit derlei Experimenten befasst und wurden von Letzterem sogar in gasarmen mährischen Flötzen bei 4 Meter Tiefe schon Spannungen von 2 Atmosphären von Ersteren aber weit grössere Pressungen gefunden; auch haben Lindsay-Wood so wie Arnould nachgewiesen, dass die Spannungen mit der Tiefe zunehmen. Gegenüber derlei Pressungen scheint es nun, als ob rapide Senkungen der Quecksilbersäule von selbst 15 bis 20 Millimeter keinen sonderlichen Einfluss auf die Exhalation der Gase haben werden. Und doch ist bei einer näheren akademischen Betrachtung ein solcher anzunehmen. Bei der normalen Exhalation ist die Austrittsgeschwindigkeit der Gase mit unseren Sinnen gar nicht wahrnehmbar, also ganz ungemein klein, aber doch vorhanden;

beim Krebsen ist die Austrittsgeschwindigkeit der Gase allerdings schon wahrnehmbar, aber ebenso kaum messbar; in beiden Fällen findet also, trotz der hohen Spannungen im Innern der Kohle, eine äusserst geringe Austrittsgeschwindigkeit der Gase statt. Deshalb ist es erwiesen, dass die in der Kohle vorhandene Spannung bei der Ausathmung der Gase fast gänzlich verzehrt wird durch die Reibung entlang der Poren, Spalten und Risse und durch die entgegenstehende Atmosphärenpressung. Weil die Reibungsrückstände unter allen Umständen gleich bleiben, so repräsentirt daher ein Quecksilberfall von selbst wenigen Millimetern wegen der ungemeinen Leichtigkeit des Gases gegenüber dem zur Messung der Druckhöhe verwendeten Quecksilber, welches 19118mal schwerer ist als ersteres, schon eine erhebliche Erleichterung des Austrittes, die wir nach den bekannten Ausflussformeln würden rechnen können, wenn uns die Grösse, Form und Anzahl der pro Quadratmeter erscheinenden Ausflussöffnungen, so wie die Ausflusswiderstände bekannt wären.

Aber selbst eine rohe Schätzung dieser Factoren führt bei einem rapiden Quecksilbersäulenfalle noch immer zu einer kleinen Ausflussgeschwindigkeit per Quadratmeter Kohlenstoss. Beachtet man jedoch, dass diese geringe Geschwindigkeit pro Secunde gilt, und dass die Oberflächen der Kohlenwände im Bergwerke sehr gross sind, so erhellt, dass bei rapiden Depressionen pro Tag = 86400 Secunden schon sehr

ansehnliche Gasvolumina in die Grubenräume dringen müssen.

In der That haben die diesfalls hochinteressanten, schon oben erwähnten Versuche von Hilt und von Hilbck praktisch nachgewiesen, dass die hier in Rede stehende Ausathmung der Flötze bei rapidem Wettersturze recht beträchtlich ist. Was nun den zweitgenannten Einfluss des verminderten Luftdruckes auf das Hervortreten des Gases aus den Gasmagazinen (Gassäcken, „altem Mann" etc.) betrifft, so ist dieser selbst bei geringem Falle des Barometers unbedingt schon sehr bedeutend, so dass die Erfahrung vollauf erklärt wird, wonach die Luftdruckschwankungen der Grube sehr gefährlich werden können. Die Barometerbeobachtungen sind deshalb eine Forderung der Zeit und müssen in kürzeren Pausen als bisher erfolgen, weil namentlich auch die Depressionszeit in den akademischen Calcul einbezogen werden muss.

6. Einfluss der Wärme, Feuchtigkeit, der Atmosphäre und des Windes.

Auch über diese atmosphärischen Erscheinungen werden zur Zeit eingehende Erhebungen gepflogen; sie sind jedoch, wie schon hervorgehoben wurde, noch nicht in dem Umfange vollzogen, dass derzeit massgebende Schlüsse gestattet wären. Gleichwohl ist es klar, dass diese hier genannten drei Factoren, insbesondere in Verbindung mit dem Luftdrucke, einen Einfluss auf das Grubenklima und dieses einen solchen auf die Ent-

wicklung der Gase haben müssen, weil zum Mindesten der Gang des natürlichen Wetterzuges und die Exhalation der Gase nach dem „Tage“ hin wesentlich beeinflusst wird. Insoferne haben also auch die Bestrebungen von Friesenhof und Fink bezüglich der Einrichtung meteorologischer Stationen in Grubenrevieren und rechtzeitige Publication dieser Beobachtungen sicherlich ihre Berechtigung, aber immer nur als „Warner“.

7. Projecte zur Unschädlichmachung der existirenden Schlagwetter.

Es fehlt, wie dies namentlich der französische Schlagwetterbericht darthut, durchaus nicht an zahlreichen Projecten, die vorhandenen schlagenden Wetter unschädlich zu machen. So ist namentlich die stetige Verbrennung derselben, die chemische Aufsaugung derselben, die Eintreibung stark comprimirter Luft, die Einführung von Feuchte durch Dampf und Wasserstrahlen, die künstliche Erkältung der Grubenluft, die Heraussaugung des Gases aus den Flötzen etc. vorgeschlagen worden; aber Derjenige, welcher Grubenbaue selbst geleitet hat, weiss, dass diese Mittel theils aus technischen Betriebsgründen, theils aus ökonomischem Gebote, theils aus offenbarer Mangelhaftigkeit einer Abhilfe in der Wirklichkeit, d. h. im Grossen, unausführbar sind: also in das akademische Gebiet gehören.

8. Rolle des „alten Mannes".

Wenn man den gegenwärtigen Stand des technischen Betriebes derjenigen Steinkohlenwerke, in denen schlagende Wetter auftreten, aufmerksam und unparteiisch betrachtet, so muss man sagen, dass Wissenschaft, Staatsaufsicht, Gewerken und Humanität, welch letztere sogar unter den staatlichen Zwang des Unfallgesetzes gestellt worden ist, schon Ausserordentliches gethan haben und noch Weiteres thun werden, und dass unsere Gruben ein Bild bieten, nach dem man behaupten kann, es sei zur Zeit Alles geschehen, was bisher menschenmöglich war, um die Gefahr zu bannen. Und dennoch kommen immer und immer wieder die grässlichen Erscheinungen der Massenunglücke zu Tage. Es muss also, auch wenn man zunächst von der Unachtsamkeit, der Dummheit und sogar der Böswilligkeit der Arbeiter in Betreff der Entzündungsursache absieht, doch immer noch eine Hauptursache des Erscheinens der Explosionen vorliegen, welche wir noch nicht zu bannen vermochten. Diese scheint in der unvermeidbaren Existenz der „Wüstungen" und des „alten Mannes" zu liegen. Wie schon früher gesagt wurde, stellen dieselben geradezu enorm grosse Gasmagazine mit mehr oder minder dichter Stofffülle vor. Es können nun zwei Veranlassungen eintreten, welche die Thore dieser Magazine entweder langsam, aber auch plötzlich öffnen und das Einströmen des Gases in die Grube in einer solchen Weise gestatten, dass die gefährliche Mischung entweder successive

oder plötzlich auftritt. Die eine Veranlassung ist offenbar der bereits geschilderte Wettersturz der äussern Atmosphäre, indem das leichte Grubengas der verminderten Anspannung folgt; die andere scheint das Zubruchegehen des Daches des „alten Mannes" zu sein. Dieses letztere bringt die Gasinhalte bei langsamem Niedergehen langsam, bei dem aber meist plötzlichen Niedergange ganz plötzlich und massenhaft in die Grube, weil der Sturz der Massen alle Grubenluft vor sich hertreibt; dabei wird zugleich eine solche Wettergeschwindigkeit erzeugt, dass die Flammen der Sicherheitslampen durch den Korb schlagen, so dass, wie bereits früher bemerkt wurde, das fallende Dach zu gleicher Zeit die gefährliche Gasmischung und auch die Entzündungsursache, also das plötzliche Auftreten des Massenunglückes im Geleite hat. Nun sind aber die Ursachen der Vergrösserung der Gasmagazine und deren Füllung, so wie die Ursachen des Niedergehens ausser unserer Hand; es ist eben die „vis major" das Gesetz der Tödtung! Denn das Zuendegehen der Standfestigkeit überlassen wir der Natur, weil wir den „alten Mann" verlassen, und das stetige Erzittern der Erde, welches die Standfestigkeit beendet, liegt, weil die Natur keine absolute Ruhe kennt, ebenfalls zumeist ganz ausser unserer Macht; aus diesem Grunde ist es klar, dass die schlagenden Wetter niemals von uns zur Gänze gebannt werden können, so wie der Schiffer den Sturm nicht bannen kann. Wir müssten also hergehen und das Dach des

„alten Mannes“ immer so durch Versatz stützen, dass es gar nicht zu Bruche gehen kann, also ein Ding praktischer Unmöglichkeit errichten wollen — oder wir müssten das Uebel an der Wurzel fassen und die Gasmagazine im „alten Mann“ stetig künstlich leeren, etwa durch Bohrlöcher und durch Gasstollen: demnach die Hautausathmung der Grube, d. h. die Athmung der Grube durch ihr Dach, ihre Haut, künstlich effectuiren! Dies hat aber auch seine materiellen Grenzen und seine grosse Gefahr der Entstehung und Begünstigung bestehender Grubenbrände, obschon der Gegenstand seine Beachtung verdient, wie schon Soulary eine Luftdrainirung der alten Baue vorgeschlagen hat. Denn die Natur lehrt uns ja, dass gerade die Hautathmung der Grube von wesentlichem Einflusse ist. Wir haben nämlich erstens oben bei Vorführung des Zusammenhanges zwischen Tagestemperatur und Auftreten der Explosionen (tödtlichen und nicht tödtlichen) auf den preussischen Werken gesehen, dass die Explosionen sich mehren, wenn Gruben- und Tagestemperatur das Gleichgewicht haben, die Hautathmung der Grube also stille liegt; und dass sie sich vermindern, wenn die Temperaturdifferenzen die Ausathmung des leichten Grubengases befördern. Zweitens haben wir die Erfahrung, dass mit der Grubentiefe, also mit dem Dickerwerden der Haut, die Explosionen sich mehren, also, abgesehen von anderen Einflüssen der Tiefe (Wachsen der Magazine des „alten Mannes“), die natürliche Entgasung nach dem „Tage“ hin vermindert wird.

Ferner haben wir, wie in der Praxis bekannt und im Hasslacher'schen Berichte über das Auftreten der Schlagwetter in Preussen ausdrücklich hervorgehoben wurde, drittens die Erfahrung, dass die geologische Beschaffenheit des Daches, also jene der Grubenhaut, von ganz wesentlichem Einflusse auf die Vermehrung oder Verminderung der Entgasung nach oben hin, nach dem „Tage" zu ist; denn in Preussen sind es namentlich die unter dem dichten Mergel bauenden Gruben (Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Band 30, pag. 355, 356, 358), welche den Explosionen (Füllungen der Gasmagazine) am stärksten ausgesetzt sind. Endlich besteht viertens die Erfahrung, dass Flötze, welche zu Tage ausstreichen, sich leicht entgasen; man fährt deshalb, wo es angeht, auch mit den Wetterstrecken um die Flötze herum, wie dies z. B. im Wurmreviere der Fall ist.

9. Rolle des Schiessens in der Grube.

Wie in der Praxis bekannt und durch die Statistik, sowie durch die epochalen Versuche auf der Grube König bei Neunkirchen im Saarbrückener Bergreviere es erwiesen ist, bietet das Sprengen eine der wichtigsten Veranlassungen zum Auftreten der Explosionen. Es ist hier zweierlei zu beachten. Einmal wirkt der Schuss durch seinen Feuerstrahl direct entzündend, dann aber ganz unstreitig durch die gewaltsame Erschütterung der Luft, wie dies auch schon Galloway hervorgehoben und experimentell

nachgewiesen hat. Diese Erschütterung durchdröhnt die Grube und bewirkt Folgendes. Zunächst sicher sehr häufig ein Heraustreiben der Flamme aus der Sicherheitslampe, also eine Zündung der Wetter; zweitens ein Aufwirbeln und vor sich Hertreiben alles Kohlenstaubes, also ein Herbeiführen des gefährlichen und sogar bewegten Mediums für die Fortpflanzung des Feuers; drittens ein wenigstens theilweises Entleeren der Gassäcke in der Firste der Stollen, Strecken und im „alten Manne“; und endlich viertens ausser allem Zweifel die Begünstigung des Herabstürzens des Daches im „alten Manne“, also auch die mechanisch kräftigste Austreibung der Gase aus ihren grossen Magazinen. Deshalb können Schüsse auch Explosionen herbeiführen, selbst wenn die Ventilation zur Zeit des Schiessens die erwünschte Verdünnung der Wetter in der Grube tadellos besorgt hat. Aus allen diesen Gründen der Erkenntniss der Gefahr des Sprengens in der Grube ist es seit jeher ein bergmännisches Streben: die Sprengarbeit ungefährlich zu machen und sie, wo thunlich, ganz zu ersetzen. Es ist in dieser Richtung hervorzuheben: dass man die Ladungen mit Wasser besetzt hat und dadurch den Feuerstrahl tödten wollte; dass man statt des Pulvers und Dynamites neuestens den chemischen Vorgang des Sprengens mittelst Zersetzung des Wassers durch Elektricität gewählt hat; dass man statt Pulver etc. die Volumenvermehrung des ungelöschten Kalkes bei Hinzutritt von Wasser zur Sprengung benützt; endlich dass man sich ganz ausser-

ordentlich bemüht, die „Gewinnung“ mittelst Maschinen (Eintreiben von Keilen in die Bohrlöcher, Ausschrämen der Kohle mittelst Schrämmaschinen etc.) zu besorgen. Alle diese Bemühungen haben aber zur Zeit noch zu keinem Ersatze der Sprengarbeit geführt. Das Ziel wird wohl immer die Ausbildung der Schrämmaschine und die Anwendung von Ladungen und Sprengmitteln sein, welche keine starken Detonationen, sondern nur dumpfklingende Schüsse hervorbringen. Unter allen Umständen aber sollten schon in der Gegenwart die seitens der Arbeiter so beliebten starken Ladungen, also krachenden Schüsse, d. h. die Kanonierarbeit in der Grube, verboten sein.

III. Bergtechnische Massnahmen und staatliche Verordnungen.

Das Wichtigste, welches in dieser Beziehung zur Zeit bereits durchgeführt und verordnet worden ist, lässt sich in folgende Punkte zusammenfassen.

1. Die Anzeigepflicht. Ueber alle eingetretenen Explosionen müssen der Aufsichtsbehörde die genauesten Berichte erstattet werden, wodurch nicht allein die polizeiliche Controle, sondern auch die überaus werthvolle Statistik gefördert wird.

2. Die schärfste Beaufsichtigung seitens des Staates durch die Revierbeamten; hier geschieht beinahe schon eher zu viel, als zu wenig.

3. Die Beobachtung des Barometers und des Thermometers auf den Gruben.

4. Das Bausystem mit zwei Schächten, beziehentlich mindestens zwei Ausgängen. Dieses System ist strenge Vorschrift geworden und hat insbesondere in England die Verunglückungszahl sehr wesentlich herabgedrückt; sie betrug im Jahrzehnte 1851 bis 1860 im Ganzen aller Verunglückungen noch 4·071 pro Mille und 0·992 pro Mille bei den Explosionen und sank 1861—1870 schon auf 3·329, respective 0·472; im Jahrzehnte 1871—1880 auf 2·354, respective 0·281, wobei allerdings, insbesondere seit 1870, auch dem Einflusse der vorzüglicheren Ventilation Rechnung zu tragen ist.

5. Die Einführung maschineller Ventilation.

6. Die quantitative Ventilation, welche, wie schon bemerkt, gegenwärtig im Minimum zu 1·7 Cubikmeter pro Mann und Minute an Zufuhr frischer Luft angesetzt, neuestens aber vortheilhafter nach dem Quantum der Förderung und nach dem chemischen Temperamente der einzelnen Grube bemessen wird.

7. Die immer mehr um sich greifende Separatventilation der höheren und entlegeneren Grubenlocalitäten.

8. Die Einrichtung isolirter Theilströme bei der Ventilation mit Aufrechthaltung einer unschädlichen Wettergeschwindigkeit.

9. Die Accommodation der Ausrichtung der Grube und des Abbauverfahrens zum Zwecke einer leichteren Begegnung der Explosionsgefahr und raschen Beseitigung der Schlagwetter.

10. Die thunlichste Reinheit des Abbaues, d. h. die thunlichst reine Herausnahme aller Kohle aus den Flötzen.

11. Die thunlichste Stützung des Daches durch Versatz (Zustopfung der leer gewordenen Flötzräume mit Stein, Schiefer etc.), soferne solches mit dem geologischen Vorkommen ökonomisch vereinbarlich ist.

12. Das Verbot der Schiessarbeit zu Zeiten, in denen die Anwesenheit von Schlagwettern constatirt ist (in Oesterreich verboten bei einer Anwesenheit von mehr als 2 Percent Grubengas).

13. Die genaue Untersuchung der Grube **vor** der Einfahrt der Mannschaft.

14. Die Beistellung genügender Aufsicht (in Oesterreich auf 50 Arbeiter mindestens 1 Aufseher).

15. Die Verbreitung der humanitären Bildung und gewerblichen Erziehung der Arbeiter.

Resumé.

Aus der vorstehenden Skizzirung der Schlagwetterfrage ist zunächst zu entnehmen, dass eine ganze Reihe von Factoren die Erscheinung der schlagenden Wetter herbeiführen, und es demgemäss nicht angeht, den Feind isolirt bei einem einzelnen Factor anzufassen, dass vielmehr die Schwierigkeit in dem Ergreifen aller

Factoren liegt; es ist des Weiteren zu entnehmen, dass alle betheiligten Kreise vollauf bestrebt sind, die Gefahr zu bannen, aber auch zu entnehmen, dass dies zur Gänze nie gelingen kann, weil es ein Kriterium des Bergbaues ist, gefährlich zu sein; schliesslich ist aber auch zu entnehmen, dass die ernsteste Humanität und die strenge Wissenschaft die Führer in all den Bemühungen sind, den Feind zu unterjochen. Weil die Wissenschaft aber die geistige Bewegung der Menschen ist und Bewegung nie ruht, so ruht auch schliesslich in der Wissenschaft der wahre Trost und die Gewähr, der Gefahr immer mehr und mehr Herr zu werden; denn der Mensch überwindet die Kräfte der Natur niemals mit physischer, sondern schliesslich in letzter Ursache nur immer mit seiner geistigen Kraft, und deshalb ist, wie auf allen Gebieten menschlichen Strebens, so auch hier die Wissenschaft die Macht!

Der Luftwiderstand

im Allgemeinen und in seiner besonderen Beziehung auf Luftschifffahrt.

Von

FRIEDRICH RITTER v. LÖSSL,

Oberingenieur a. D.

Vortrag, gehalten den 10. März 1886.

(Mit 2 Figuren im Texte.)

Hochverehrte Versammlung!

Wir Alle wissen, dass unser Erdball mit einer Hülle von atmosphärischer Luft umgeben ist, welche ihn allseits ziemlich gleichmässig bedeckt, und deren Dicke, oder, von dem festen Erdboden aus betrachtet, deren Höhe auf beiläufig 60 Kilometer zu schätzen ist.

Die gasförmig flüssige Masse der atmosphärischen Luft participirt gleich allen anderen irdischen Stoffen an der allgemeinen Gravitation und ruht deshalb auf der festen Erdrinde mit einem bestimmten Gewichtsdrucke auf, welcher, an den tiefsten Stellen des Erdbodens gemessen, durchschnittlich 1036 Gramm für jeden Quadratcentimeter oder 10363 Kilogramm für jeden Quadratmeter beträgt. Die Luft ist auch wie andere Flüssigkeiten fortwährend bestrebt, jede Vertiefung und Höhlung, welche sich in ihrer Unterlage vorfindet, auszufüllen und mit dem besagten Gewichtsdrucke in alle leeren Räumlichkeiten einzudringen, so dass nur unter ganz besonderen Bedingungen ein wirklich luftleerer Raum bestehen kann. Indess vermag die Luft das auf der Erdoberfläche ein-

gelagerte Wasser nirgends zu verdrängen, weil letzteres ein bedeutend grösseres specifisches Gewicht besitzt und deshalb die Luft von dem Wasser getragen wird und gewissermassen auf demselben schwimmt.

Das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft ist wie jenes von anderen gasförmigen Substanzen ein höchst geringes und dort, wo keine Compression und Verdichtung derselben stattfindet, nahezu gleich Null. Die der Luft innewohnende Eigenschaft der vollkommenen Elasticität, sowie der unbegrenzten Ausdehnbarkeit und Zusammendrückbarkeit bringt es indess mit sich, dass nur die obersten Schichten der Atmosphäre frei von Compression und Verdichtung sind, die unteren aber unter der Anhäufung der darüberliegenden Massen derart belastet werden, dass sie eine entsprechende Zusammendrückung und Verdichtung erleiden. Das dabei stattfindende Verhältniss zwischen Druck oder Spannung und Volumen, respective Dichtigkeit, ist durch das Mariotte'sche Gesetz schon seit mehr als zwei Jahrhunderten vollständig klargelegt.

Wenn nun nächst der Oberfläche des Meeres aus der untersten und dichtesten Schichte der Atmosphäre, während des allgemeinen Luftdruckes von 10363 Kilogramm per Quadratmeter und des Barometerstandes von 762 Millimeter, Ein Cubikmeter Luft von 0 Grad Temperatur entnommen und im luftleeren Raume abgewogen wird, so zeigt derselbe ein Gewicht von 1294 Gramm. Hingegen wiegt ein Cubikmeter Luft von gleichfalls 0 Grad Temperatur, wenn man ihn

einer höheren Schichte der Atmosphäre, etwa in der Seehöhe von 200 Meter, z. B. in den oberen Bezirken der Stadt Wien, entnimmt, durchschnittlich nur mehr 1262 Gramm, also um 32 Gramm weniger. Würde man ferners einen Cubikmeter Luft in der Seehöhe von 4000 Meter, also auf einer sehr hohen Bergspitze, aus der Atmosphäre entnehmen und im luftleeren Raume abwägen, so würde derselbe nur mehr ein Gewicht von 784 Gramm, also um 510 Gramm weniger zeigen. Endlich könnte ein Cubikmeter Luft aus der obersten Schichte der Atmosphäre, in der Höhe von 60 Kilometer über der Erdoberfläche entnommen, nach dem Mariotte'schen Gesetze nur mehr 0·75 Gramm wiegen. Man nennt das Gewicht eines Cubikmeter Luft das Einheitsgewicht oder die Dichtigkeit derselben, wofür in physikalisch-mathematischen Formeln die Bezeichnung mit dem Buchstaben γ herkömmlich ist. Man sieht also, dass dieses γ durchaus keinen constanten Werth repräsentirt, sondern je nach der atmosphärischen Höhenschichte, auf welche es sich bezieht, zwischen weiten Grenzen variabel ist. Ueberdies unterliegt die Dichte und das Einheitsgewicht (γ) der Luft noch einer bedeutenden Veränderung durch die Temperatur. Die Luft dehnt sich bekanntlich für jeden Grad Celsius um mehr als $^1/_3$ Percent seines Volumens aus, und deshalb ist das Einheitsgewicht (γ) bei wärmerer Luft entsprechend geringer als bei kälterer.

Wir Menschen, die wir an dem festen Erdboden haften, haben es also mit einer Luftschichte zu thun,

welche in Rücksicht verschiedener Niveau- und Temperaturverhältnisse ein Einheitsgewicht von durchschnittlich $1^1/_4$ Kilogramm besitzt. Wir befinden uns gleichsam auf dem Untergrunde eines 60 Kilometer tiefen gasförmig flüssigen Oceans und bewegen uns, ähnlich den auf dem Untergrund eines Gewässers wohnenden Krebsen, ebenfalls inmitten eines Mediums, welches uns von allen Seiten einhüllt und sich derart an uns anschmiegt, dass es bei jeder unserer Bewegungen verschoben und auseinandergedrängt werden muss. Doch ist diese mechanische Arbeitsleistung, welche fortwährend zu vollbringen ist, fast völlig unfühlbar für uns, theils, weil wir ja daran gewöhnt sind, theils, weil das uns einschliessende Medium specifisch sehr leicht ist, indem es ein Einheitsgewicht von nur $1^1/_4$ Kilogramm besitzt, während Wasser, dessen Widerstand unserem Gefühle nicht entgeht, genau 800 mal schwerer ist, indem ein Cubikmeter desselben bei der Temperatur von 3·8 Grad Celsius 1000 Kilogramm wiegt. Den Widerstand der Luft empfinden wir nur dann, wenn unsere Bewegungen, oder auch die Bewegungen der Luft, mit hinlänglich grosser Geschwindigkeit stattfinden oder wenn wir derselben mit Gegenständen von grosser Oberfläche entgegentreten. Es ist hiebei für die mechanische Wirkung ganz gleichbedeutend, ob eine Fläche bewegt wird und die Luft stille steht, oder ob die Fläche stille steht und die Luft sich dagegen bewegt, oder ob eine beiderseitige Bewegung mit differirender Geschwindigkeit stattfindet: die bei dem Zu-

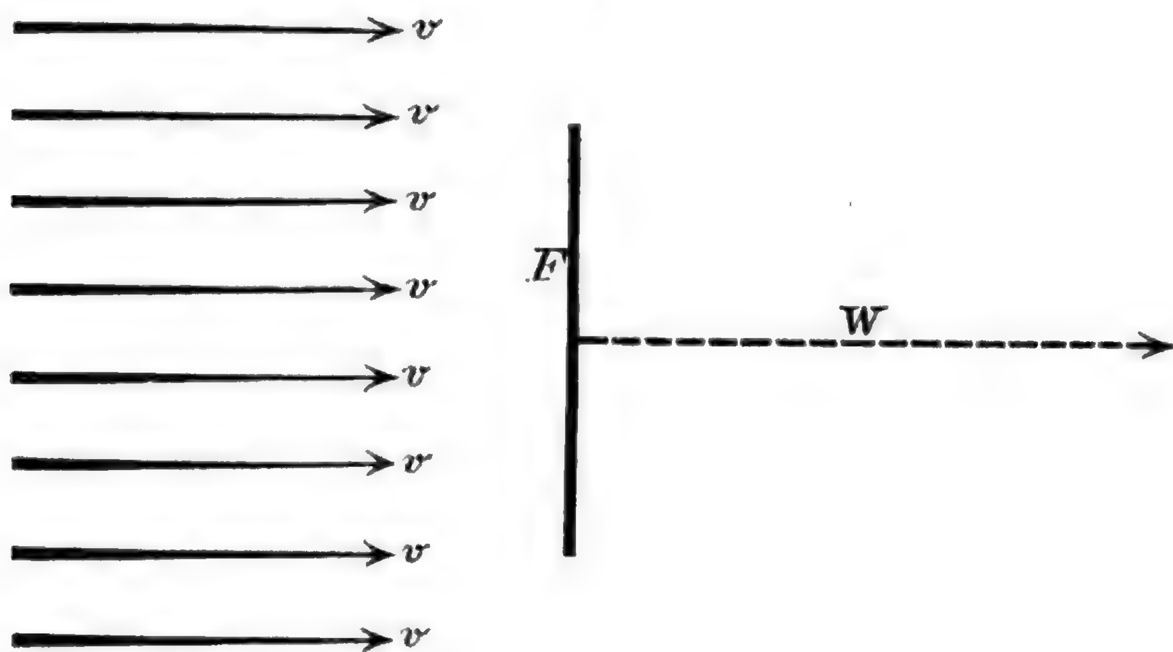
sammentreffen eintretende Kraftäusserung wird immer in gleicher Weise fühlbar werden. Man ist gewohnt, in dem Falle, als die Fläche stillsteht und die Luft sich bewegt, statt der Benennung Luftwiderstand sich des Ausdruckes Luftstoss oder Windstoss zu bedienen, oder auch den Luftwiderstand als eine entweder passive oder active Leistung des Luftstosses zu bezeichnen. Der mechanische Inbegriff bleibt immer der nämliche.

Alle Erscheinungen und Wirkungen, welche durch das blosse Gefühl des Menschen nicht genügend zu beobachten und aufzuklären sind, können selbstverständlich auf dem Wege der wissenschaftlichen Forschung, des Experiments und der technischen Erfahrung genauer ermittelt und systematisch festgestellt werden.

Da die richtige Erkenntniss der passiven und activen Leistungen des Luftwiderstandes für die Vorgänge in der Natur und für eine Menge technischer Vorrichtungen von hoher Bedeutung ist, so hat es bei allen gebildeten Nationen seit dem Beginn physikalisch wissenschaftlicher Forschungen nicht an Experimentatoren gefehlt, welche dem Studium des Luftwiderstandes, respective Luftstosses, oblagen und die gewonnenen Resultate veröffentlichten. Es würde zu weit führen, die Namen aller dieser Forscher, welche besonders zahlreich in Frankreich auftreten, hier anführen zu wollen. Es möge genügen zu sagen, dass die Resultate bis herab zu dem Vater der modernen theoretischen Mechanik, Julius Weisbach, beträchtlich

von einander abweichen, und, was neben den Fortschritten aller anderen Wissenschaften geradezu erstaunlich klingt, auch seitdem zu keiner allgemein anerkannten exacten Lösung des Problems geführt haben. Die meisten deutschen Handbücher der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik benützen zur Bestimmung des Luftwiderstandes oder Luftstosses die von Weisbach acceptirten mathematischen Formeln, obgleich dieser Autor selbst in seinem berühmten Lehrbuch den Ausspruch beifügt, dass „das Gesetz des Windstosses nicht vollständig bekannt ist, und deshalb die von ihm angegebenen Formeln und Coëfficienten nur auf Näherungswerthe führen".

Fig. 1.



Zunächst handelt es sich immer darum, den Luftwiderstand für eine rechtwinkelig gegen das unbegrenzte Luftmedium bewegte oder rechtwinkelig von

der bewegten Luft getroffene Fläche durch eine mathematische Grundformel richtig auszudrücken, nämlich so, dass der fragliche Widerstand aus gegebenen bestimmten Factoren berechnet werden kann.

Die Auffindung einer solchen Formel, oder vielmehr die experimentelle Controle und Bestätigung ihrer Richtigkeit wurde fortwährend durch die ganz ausserordentlichen Schwierigkeiten beirrt und gehemmt, mit welchen diesbezügliche Experimente unausweichlich verbunden sind.

Wie diese Widerstands-Grundformel nunmehr, zufolge der neuesten genauen Untersuchungen, als sichergestellt und deren völlige Uebereinstimmung zwischen Theorie und Experiment als gefunden erscheint, ist sie zugleich die allereinfachste. Sie lautet:

Widerstand oder $W = F\, v^2 \frac{8}{9 \cdot 81}$ . . . . . . (I)

Hiedurch wird der Luftwiderstand in Kilogramm angegeben, wenn die Buchstaben folgende Bedeutung haben:

F Das Ausmass der Fläche in Quadratmetern,

v^2 die zweite Potenz der Geschwindigkeit, mit welcher die Fläche und die Luft zusammenstossen, in Secunden-Metern,

$\frac{\gamma}{9 \cdot 81}$ das dem Barometer- und Thermometerstande entsprechende Einheitsgewicht der Luft in Kilogrammen, getheilt durch die Acceleration der Schwere.

Obwohl mit diesen selbstverständlichen Factoren allen physikalisch-mathematischen Anforderungen theoretisch genügt ist, so haben doch frühere Autoren hiezu noch eines weiteren Factors zu bedürfen geglaubt, nämlich eines Coëfficienten, welcher den Zweck hatte, die Formel mit den durch Experimente thatsächlich gefundenen Widerstands-Grössen in Einklang zu bringen, so wie man sich auch bei Berechnung von Maschineneffecten für die Praxis der sogenannten Erfahrungscoëfficienten bedient, um die durch Nebenumstände entstehenden Kraftverluste zu berücksichtigen. Der Werth des Coëfficienten wurde zufolge verschiedener Beobachtungen sehr verschieden angegeben. Derselbe ist bald grösser, bald kleiner als 1, manchmal auch nicht constant, sondern nach Massgabe der Grösse oder Form der betreffenden Fläche variabel. Bei Weisbach ist derselbe mit $\frac{1 \cdot 86}{2}$ beziffert, so dass bei ihm die erwähnte Grundformel lautet $W = \frac{1 \cdot 86}{2} F v^2 \frac{\gamma}{9 \cdot 81}$, wodurch das Rechnungsresultat gegenüber der einfachen Grundformel nur ein klein wenig, nämlich um 7 Percent, abgeschwächt wird. Die Richtigstellung dieses Coëfficienten und die wirkliche Nothwendigkeit seiner Einführung entbehrt, wie schon angedeutet, jeder theoretischen Grundlage. Das Experiment aber, welches hierüber endgiltig und unzweifelhaft zu entscheiden berufen wäre, ist, wie gesagt, mit so grossen Schwierigkeiten verbunden und ist so vielen Fehlerquellen ausgesetzt, dass hiedurch die widerspruchsvolle Verschiedenheit und folgerichtige Unverlässlichkeit aller früher aufgestellten Lehrsätze sehr wohl erklärlich wird. Noch viel wichtiger als der fragliche Coëfficient ist eine andere Modification der Grundformel, welche bei der Erläuterung des auf eine schiefgestellte Fläche auffallenden Luftstosses zur Sprache kommen soll. Auch hierüber wurde von jeher ein besonders lebhafter wissenschaftlicher Streit geführt, welcher zum Theil noch

jetzt fortdauert und im Grunde ebenfalls auf den grossen Schwierigkeiten des fehlerfreien Experimentirens beruht.

Um ein Urtheil über die erwähnten Schwierigkeiten zu ermöglichen, sei es erlaubt, auf eine generelle Erörterung solcher Experimente einzugehen, durch welche die Wirkung der gegen eine Versuchsfläche gerichteten Luftbewegung sicher beobachtet und genau gemessen werden soll.

Am einfachsten scheint die Aufgabe beim ersten Anblicke dadurch lösbar zu sein, dass man eine zweckentsprechend gestaltete Versuchsfläche an ein Rollwerk befestigt und auf einer geraden Bahn gegen die ruhende Luft vorwärts treibt, indem man durch Antriebs- oder Zuggewichte beliebige Geschwindigkeiten erzielt und dann aus dem Betrage der verwendeten Gewichte die Grösse des überwundenen Luftwiderstandes entnimmt. Hiebei müssten nun aber die in dem Apparate und Rollwerke auftretenden mitunter sehr variablen Reibungs- und Luftwiderstände im Voraus vollständig ermittelt werden, was für deren überwiegende Einflussnahme kaum mit der nöthigen Schärfe ausführbar ist. Ferner müsste die Laufbahn selbst sehr lang sein, weil im Anfange der Bewegung erst die Ueberwindung der dem Antriebsapparate, dem Rollwerke und der Versuchsfläche selbst innewohnenden Trägheitsmomente abzuwarten wäre, bevor eine gleichbleibende Geschwindigkeit bei gleichbleibender Gewichtswirkung eintreten und die Beobachtung eines stetigen Vorganges beginnen kann. Im Freien lässt sich die ganze Vorrichtung absolut nicht in Anwendung bringen, weil dort auf eine stillstehende Luftumgebung niemals gerechnet werden kann, und in einem geschlossenen Gebäude würde die hieraus sich ergebende Kürzung der Bahnlänge nur all zu flüchtige Beobachtungen gestatten. Endlich würde die in grosser Nähe der Versuchsfläche befindliche Bahnconstruction die für richtige Beobachtungen vorausgesetzte Unbegrenztheit des zu durchdringenden Luftmediums stören und zu wesentlich falschen Ergebnissen führen. Auf diesem Wege

können also die benöthigten scharfen und entscheidenden Beobachtungsdaten nicht gewonnen werden, und es wurde derselbe, meines Wissens, noch von keinem Experimentator eingeschlagen.

Ein anderes Verfahren, welches schon öfters angewendet wurde, besteht darin, den natürlichen Windstoss auf eine dagegen aufgerichtete Versuchsfläche wirken zu lassen, wobei die Fläche durch ein Gewichts- oder Federwerk in ihrer Stellung festgehalten wird, so dass aus dem hiezu nöthigen Gewichte oder der sich ergebenden Biegung der stützenden Federn auf die vom Windstosse ausgeübte Wirkung geschlossen werden kann. Aber auch hiedurch lassen sich keine verlässlichen Resultate gewinnen, hauptsächlich deshalb, weil die Geschwindigkeit des natürlichen Windes in jedem Augenblick wechselt, und diese Geschwindigkeit selbst a priori nicht hinlänglich genau gemessen werden kann.

Ein ähnliches Verfahren wurde vor kurzer Zeit in England durchgeführt, wobei eine dem natürlichen Winde entgegengestellte Wand mit einer grossen Anzahl von Barometern dicht behängt wurde, deren jeder mittelst eines künstlichen Registrirwerkes den von dem Winddrucke verursachten Stand markirte. Aber auch in diesem Falle war wegen unzureichender Kenntniss der richtigen Windgeschwindigkeit kein genaues Resultat zu erhalten.

In einem anderen Falle wurde, ebenfalls in England, wie die Jahrbücher der dortigen aëronautischen Gesellschaft berichten, mit Zuhilfenahme einer Dampfmaschine und einer Gebläsemaschine ein künstlicher Luftstrom gegen eine Versuchsfläche getrieben, um den Betrag der hervorgebrachten Stosswirkung mittels eines die Fläche stützenden Federwerkes zu ermitteln. Die Geschwindigkeit des Luftstromes wurde durch Rechnung bestimmt und durch einen Anemometer controlirt. Dieses Verfahren ist wohl an und für sich gar zu laienhaft. Denn man konnte namentlich nicht wissen, wie viel von dem Inhalte des Luftstromes wirklich auf die

Versuchsfläche stiess, und was den Anemometer betrifft, so ist jedem dieser Instrumente nur eine beiläufige Richtigkeit beizumessen, weil behufs seiner richtigen Construction das genaue Verhältniss zwischen Geschwindigkeit und Stosswirkung der Luft schon hinlänglich bekannt sein müsste, was bis in die jüngste Zeit nicht der Fall war und eben den Gegenstand der Untersuchung bildete.

Von allen Verfahrungsmethoden ist wohl jene am leichtesten auszuführen, bei welcher die betreffende Versuchsfläche gegen die stillstehende Luft in einem Kreise herumgetrieben wird, um aus den für verschiedene Geschwindigkeiten benöthigten Gewichten auf den von der Luft geleisteten Widerstand zu schliessen. Dieses Verfahren ist in der That von den meisten französischen und deutschen Physikern in Anwendung gebracht worden; jedoch haben dieselben die von ihnen ausgeführte Construction des Apparates und die damit vorgenommene Manipulation, wovon doch die Schärfe der Beobachtungsresultate abhängt, fast niemals näher beschrieben. Ich selbst habe mit dieser Verfahrungsweise sehr viele Experimente angestellt, und habe bei zunehmender Kenntniss der in derselben verborgenen Fehlerquellen die Constructionsart öfters modificirt und möglichst zu vervollkommnen getrachtet. In der Hauptsache besteht ein solcher Apparat aus einer aufrechtstehenden, in mechanisch rein gearbeiteten Lagern drehbaren Welle, von welcher nach entgegengesetzten Richtungen zwei thunlichst lange Arme horizontal auslaufen. Die äusseren Enden dieser Arme sind dazu vorgerichtet, um dort Versuchsflächen oder Versuchskörper von verschiedener Grösse und Gestalt in beliebiger Stellung befestigen zu können. Die Drehung der aufrechten Welle geschieht mittelst zweier Fäden oder Drähte, welche auf der Welle aufgewickelt sind und in entgegengesetzten Richtungen horizontal zu je einer Rolle gespannt sind, jenseits welcher an sie je ein Antriebsgewicht angehängt ist. Indem man diese Gewichte ablaufen lässt und die aufrechte Welle in

Drehung versetzt, werden die an den Enden der Arme befestigten Versuchsobjecte gegen die ruhende und unbegrenzte Luft in einem verhältnissmässig grossen Kreise vorwärts getrieben. Da die Länge des Kreises bekannt ist, so lässt sich die Bewegungsgeschwindigkeit mittelst eines Secundenwerkes genau bestimmen, und ebenso aus den angehängten Gewichten der auf den Antrieb der Versuchsobjecte entfallende Druck-Quotient. Wenn man vor jeder Serie von Experimenten den leeren Apparat, d. i. die aufrechte Welle mit den Horizontalarmen, jedoch ohne Versuchsobjecte, ablaufen lässt und hiebei diejenigen Taragewichte constatirt, welche für den Leergang des Apparates, d. i. zur Ueberwindung aller in demselben auftretenden Reibungs- und Luftwiderstände für verschiedene Geschwindigkeiten erforderlich sind, so kann man dann mit Sicherheit auch diejenigen Nettogewichte constatiren, welche nach Befestigung der Versuchsobjecte für deren besonderen Luftwiderstand bei verschiedenen Geschwindigkeiten beansprucht werden. Um das Verhältniss zwischen Tara- und Nettogewicht nicht ungünstig zu gestalten, respective um eine höchst subtile und empfindliche Druckabwägung zu sichern, ist es nöthig, alle beweglichen Bestandtheile des Apparates aus thunlichst leichtem Materiale zu construiren und statt massiver Metallstäbe sich dünnwandiger Metallröhren zu bedienen. Auch hat es sich für die Erlangung mehrfacher genügend scharfer Beobachtungsdaten als unerlässlich herausgestellt, mehrere Apparate der gleichen Constructionsart in verschiedenen Grössenformaten zu besitzen, um sie je nach der Grösse der Versuchsobjecte zu benützen und bei den kleinsten Objecten eine Gewichtsbestimmung bis in die Bruchtheile eines Grammes zu ermöglichen.

Bei aller auf die Apparatconstruction verwendeten Sorgfalt behalten jedoch die schon erwähnten Fehlerquellen, vor welchen der Experimentator sich zu hüten hat, ihre volle Bedeutung.

Dahin gehört vor Allem der Umstand, dass jedes in der Kreisbahn herumgetriebene Versuchsobject an seinem

äusseren Rande eine grössere Weglänge zurücklegt als an seinem dem Kreismittelpunkte zugewendeten Rande. In Folge dessen ist das Object verschiedenen Bewegungs- und Stossgeschwindigkeiten der Luft ausgesetzt, und es ist daher für jede Versuchsfläche und jeden Versuchskörper vorerst das richtige Geschwindigkeits- und Stossmittel zu berechnen, welches wegen der in Wirkung tretenden zweiten Potenz des Geschwindigkeitfactors keineswegs mit dem Schwerpunkte des Objectes zusammenfällt. Wegen dieser ziemlich complicirten Berechnung muss man daher schon bei der Formgebung der Objecte bestrebt sein, jeder desfallsigen etwa unlösbaren Schwierigkeit aus dem Wege zu gehen.

Bei Flächen, welche in schiefer Stellung dem Luftstosse entgegengetrieben werden, kann das Beobachtungsresultat wesentlich dadurch beirrt werden, dass die Ränder der Fläche nicht genügend messerartig zugeschärft sind, wonach dann ausser dem auf die Fläche selbst fallenden Luftstosse auch der Stirnwiderstand der Randdicke mitgemessen wird.

Eine sehr ausgiebige Fehlerquelle ergibt sich dadurch, dass der Experimentator das Einheitsgewicht (γ) der Luft als eine constante Grösse mit 1294 Gramm (oder nach Weisbach mit 1250 Gramm) gelten lässt. Das Einheitsgewicht ist nur während eines Barometerstandes von 762 Millimeter und bei einer Temperatur von 0 Grad 1294 Gramm. Hier in Wien auf der Seehöhe von 200 Meter ist es, wie schon früher erwähnt, durchschnittlich 1262 Gramm, und da die betreffenden Experimente schwerlich jemals bei 0 Grad Temperatur unternommen werden, bei Annahme einer Temperatur von 15 Grad Celsius nur 1193 Gramm. Hierin liegt der Grund, dass die nämlichen Experimente, abgesehen von ihrer principiell ungenauen Grundlage, so oft sie an verschiedenen Orten oder bei verschiedenen Barometerständen und Temperaturen an dem nämlichen Orte ausgeführt werden, jedesmal zu anderen Ergebnissen führen, so dass

man schliesslich sich genöthiget findet, nach variablen Coëfficienten oder Exponenten zu suchen, durch welche die mathematische Luftwiderstandsformel mit jenen Ergebnissen in Einklang gebracht werden soll. Dies ist auch auf dem Gebiet der Ballistik der Fall, wo ebenfalls bezüglich des Luftwiderstandes mit einem constanten und nicht dem jeweilig wechselnden Luftgewichte gerechnet wird. Es ist durchaus nothwendig, vor jedem Experimente den Stand des Barometers und Thermometers zu beobachten und das wirkliche Einheitsgewicht der Luft genau festzustellen.

Endlich ist anzuführen, dass alle Experimente, bei welchen die Versuchsobjecte gegen die Luft vorwärts getrieben werden, nur dann richtige und mit der Grundformel übereinstimmende Resultate liefern können, wenn die den Versuchsapparat umgebende Luftmasse unbegrenzt ist und wirklich stille steht. Es muss daher der Raum nächst der Bewegungsbahn von allen Seiten frei gehalten werden und darf weder durch die Nähe von Wänden oder des Bodens und Plafonds, noch durch andere Gegenstände oder durch den Körper des Experimentators selbst beengt sein. In diesem Falle könnte die Luft nicht allseits frei ausweichen, und würde stellenweise längs der beengenden Gegenstände in eine fortschreitende Parallelbewegung gerathen, wodurch der Betrag des Luftwiderstandes sofort eine erhebliche Alteration erlitte und die nur für ein unbegrenztes und ruhiges Luftmedium giltige Grundformel niemals ihre experimentelle Bestätigung finden könnte. Will man mit Versuchsflächen in der Grösse von 2 Quadratmetern fehlerfrei operiren, so gehört hiezu erfahrungsmässig ein leerer Saal von wenigstens 10 Meter Weite und 6 Meter Höhe.

Ich habe mir erlaubt, die hauptsächlichsten Fehlerquellen so ausführlich darzustellen, damit es deutlich ersichtlich sei, welche aussergewöhnliche Vorsicht und Subtilität zur Erlangung gleichbleibender und verlässlicher Resultate

nöthig ist, und warum bezüglich des Luftwiderstandsgesetzes bis in die jüngste Zeit differirende Ansichten auftauchen und fortbestehen konnten.

Ich werde mir erlauben, aus den bestehenden differirenden Daten nur diejenigen festzuhalten, welche durch meine eigenen Untersuchungen bestätigt sind.

Die wirkliche Ausrechnung des rechtwinkeligen Luftwiderstandes ergibt beispielsweise die folgenden Resultate:

Wenn bei einem Barometerstand von 762 Millimeter und der Temperatur von 0 Grad die Geschwindigkeit des Luftstosses 1 Secundenmeter beträgt, ist die Druckwirkung für jeden Quadratmeter der Fläche . . . . 132 Gr.;

bei der	Geschwindigkeit	von	2	Secundenmeter	528 „
„ „	„	„	5	„	3·3 Kg.;
„ „	„	„	10	„	13·2 „
„ „	„	„	15	„	29·7 „
„ „	„	„	20	„	52·8 „
„ „	„	„	25	„	69·3 „
„ „	„	„	40	„	211 „

Es tritt also bei zunehmender Geschwindigkeit *(v)* eine sehr bedeutende Progression des Widerstandsverhältnisses ein, indem der Widerstand bei 25 Secundenmeter Geschwindigkeit 525mal grösser ist als bei 1 Secundenmeter. Die letzte Geschwindigkeit von 25 Secundenmeter entspricht der Schnelligkeit eines Eisenbahnschnellzuges oder eines der heftigsten Sturmwinde, welcher 90 Kilometer in der Stunde zurücklegt.

In der Baukunde nimmt man gewöhnlich an, dass aufrechtstehende, nicht besonders exponirte Gebäudeflächen dem Winddrucke einen Widerstand von wenigstens 75 bis in maximo 125 Kilogramm pro Quadratmeter zu leisten haben.

Rechnet man nach der Formel den Gesammtwiderstand, welchen bei einem Sturme von 25 Secundenmeter z. B. eine freistehende, der Windrichtung rechtwinkelig zugewendete Gebäudefront von 50 Meter Länge und 20 Meter Höhe zu leisten hat, so ergeben sich nicht weniger als 69300 Kilogramm oder rund 69 Tonnen. Davon entfällt auf jedes etwa 3 Quadratmeter haltende Fenster ein Druck von 209 Kilogramm, welcher Druck jedoch für gewöhnlich wegen des dahinter befindlichen eingeschlossenen Luftkörpers nicht gefährlich wird.

Es können aber auch in unseren Gegenden an besonders hiezu geeigneten Orten einzelne Windstösse die Geschwindigkeit bis zu 40 Secundenmeter annehmen, in welchem Falle dann ein Widerstand von 211 Kilogramm per Quadratmeter zu leisten ist. Aehnliche Winddrücke wurden bei Borastürmen in der Karstgegend, namentlich von Herrn Professor Schön constatirt, so dass hiedurch Eisenbahnwaggons ins Schwanken und dem Umsturze nahe gebracht werden können. Als während des Sturmes am 10. December 1884 auf einem Damme der Wien—Aspang-Bahn wirklich mehrere Wagen umgestürzt wurden, ergab sich durch Berechnung, dass die 15 bis 16 Quadratmeter haltende Breitseite eines solchen Wagens in rechtwinkeliger

Richtung einen Winddruck von 3300 Kilogramm, also per Quadratmeter von 206 bis 220 Kilogramm empfangen haben müsse, was also einer momentanen Luftgeschwindigkeit von 40 Secundenmeter entspricht.

Wenn Sturmwinde auf die Stirnseite eines Eisenbahnzuges treffen und zufällig die Richtung der Fahrt eine entgegengesetzte ist, so können Druckwirkungen eintreten, welche den grösseren Theil der Zugkraft der Locomotive absorbiren.

Im Kleinen lässt sich die Erscheinung des Luftwiderstandes leicht erkennen, wenn man ein horizontal liegendes Blatt Papier in senkrechter Richtung zu Boden fallen lässt. Hiebei verhindert der auf die untere Blattseite wirkende Luftwiderstand, dass die Geschwindigkeit des Falles weiter zunimmt, als bis zwischen dem Gewichte des Papiers und der gesetzmässigen Widerstandswirkung das Gleichgewicht des Druckes eintritt. Die Grundfläche eines Blattes der „Neuen Freien Presse“ hält circa 1500 Quadratcentimeter. Das Gewicht desselben beträgt circa 8 Gramm. Weil nun der Widerstand der Luft bei der Fall-, respective Bewegungsgeschwindigkeit von 0·636 Secundenmeter sich ebenfalls mit 8 Gramm berechnet, so kann dieses Blatt aus jeder beliebigen Höhe nicht schneller herabfallen als mit der Geschwindigkeit von 0·636 Secundenmeter. Bei einer Fallhöhe von 2 Meter bedarf es also eines Zeitraumes von beiläufig 3 Secunden. Würde dieses Blatt nicht durch die Luft, sondern durch einen luftleeren Raum zu Boden fallen, so würde es mit einer

zehnmal grösseren Endgeschwindigkeit, nämlich mit 6·3 Secundenmeter ankommen und nur eines Zeitraumes von 0·6 Secunden bedürfen.

Aehnlich verhält es sich mit einem Fallschirm. Wenn derselbe einschliesslich des Gewichtes eines Menschen 100 Kilogramm wiegt und seine Fall-, respective Endgeschwindigkeit auf 5 Secundenmeter eingeschränkt werden soll, so bedarf er hiezu einer gegen die Bewegungsrichtung rechtwinkelig eingestellten Quadratfläche von 30·3 Quadratmetern, was einem Durchmesser von 6·25 Meter entspricht. Es wird dann zufolge der Grundformel der Luftwiderstand ebenfalls 100 Kilogramm betragen und eine 5 Secundenmeter übersteigende Fallbeschleunigung nicht eintreten; immer unter der Voraussetzung, dass der Barometerstand 762 Millimeter und das Einheitsgewicht der Luft 1294 Gramm sei. Die Fallgeschwindigkeit von 5 Secundenmeter ist ebenso gross wie bei einem Menschen, welcher aus einer Höhe von 1 $^1/_4$ Meter zu Boden springt oder fällt. Zur grösseren Sicherheit nimmt man gewöhnlich den Durchmesser mit 7 bis 8 Meter.

Aus den jüngsten Versuchen hat sich, im Gegensatze zu mehrfach verbreiteten Meinungen, die interessante Thatsache ergeben, dass Vertiefungen und Höhlungen, welche in einer ebenen Fläche angebracht sind, an dem Luftwiderstande keine Aenderung hervorbringen. Selbst wenn eine dem Luftstrome entgegengestellte Fläche vollständig ausgehöhlt ist, wie z. B. eine halbe Hohlkugel,

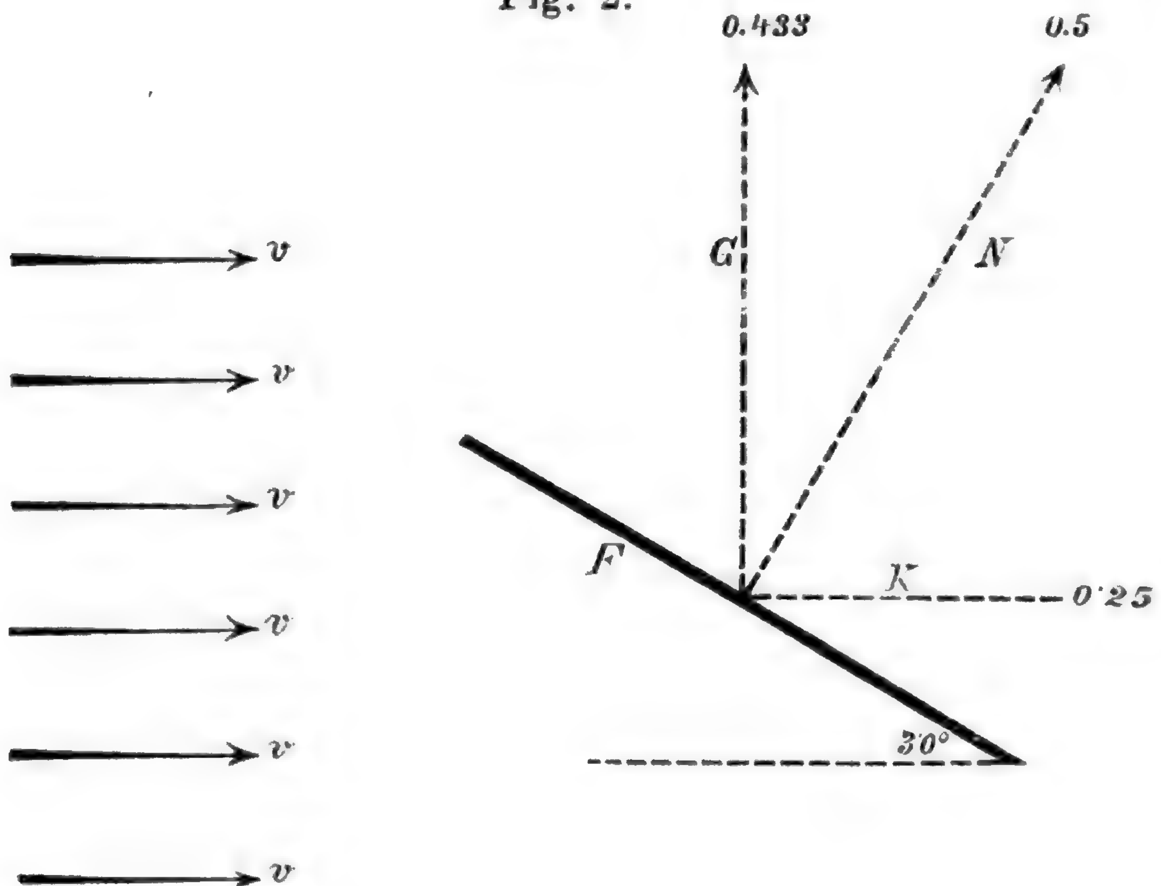
zeigt sich der nämliche Widerstand wie bei einer ebenen Fläche, insolange nämlich, als die Ränder der Fläche genau rechtwinkelig zur Bewegungsrichtung stehen und kein Luftstrahl direct auf eine concave Innenwand der Höhlung gerichtet ist. Die in der Höhlung eingeschlossene Luft bleibt in diesem Falle ruhend und verhält sich neutral zu der ausserhalb vor sich gehenden Bewegung, indem sie gewissermassen nur eine Ergänzung der defecten Oberfläche bildet. Sie befindet sich übrigens in einer der äusseren Luftstosswirkung entsprechenden Compression und Verdichtung.

Bis jetzt war nur von Flächen die Rede, welche der Richtung der Luftbewegung rechtwinkelig entgegengestellt sind, und wir kommen jetzt zu denen, welche in schiefer Stellung mit dem Luftstrome zusammentreffen. Selbstverständlicher Weise muss in diesem Falle die Wirkung des Stosses, respective der zu leistende Widerstand schwächer sein. Wenn der Schiefstellungswinkel der Fläche mit α bezeichnet wird, so findet die Abschwächung nach Massgabe von $\sin \alpha$ statt. Man muss also zur Berechnung des nunmehrigen Widerstandes in die mehrerwähnte einfache Grundformel den weiteren Factor $\sin \alpha$ einsetzen. Dieser Widerstandsbetrag ist dann derjenige, welchen die Fläche, obwohl schief von dem Luftstrome getroffen, in rechtwinkeliger oder normaler Richtung zu leisten hat. Die Formel des Normalstosses oder Widerstandes lautet also:

$$N = F \sin \alpha \, v^2 \frac{\gamma}{9{\cdot}81} \quad . \quad . \quad . \quad \text{(II)}$$

Frägt man aber, wie gross der Widerstand sei, welchen die Fläche nicht in normaler Richtung, sondern in der Richtung der Luftströmung zu leisten habe, so ist hiefür nach dem Gesetze der Kraftcomponenten

Fig. 2.



noch einmal der Factor sin α einzusetzen, so dass nunmehr die Formel für den directen oder Parallelstoss und Widerstand lautet:

$$K = F \sin^2 \alpha \, v^2 \frac{\gamma}{9{\cdot}81} \quad . \quad . \quad . \quad \text{(III)}$$

Und frägt man endlich, wie gross der Widerstand sei, welchen die Fläche im rechten Winkel zur Richtung der Luftströmung zu leisten habe, so ist statt des

letzteren sin α die andere Kraftcomponente cosin α einzusetzen, wonach dann die Formel für den Seitenstoss oder Widerstand lautet:

$$G = F \sin \alpha \operatorname{cosin} \alpha \, v^2 \frac{\gamma}{9 \cdot 81} \quad . \quad . \quad (IV)$$

Es ist dabei zu bemerken, dass der in der Formel für den Normalstoss N eingesetzte Factor sin α von jeher ein strittiger war. Viele Autoren, darunter auch Weisbach, nehmen an, dass sin α in der zweiten Potenz stehen müsse, also $\sin^2 \alpha$. Andere sogar halten die noch höhere Potenz $\sin^3 \alpha$ für richtig, und noch Andere haben zwischen den ganzen Zahlen 1, 2 und 3 liegende Potenzen als entsprechend gefunden oder die Potenz von sin α als einen von der Grösse des Winkels α abhängigen variablen Werth bezeichnet. Solche in die Formel des Normalwiderstandes eingeführte Factoren gingen dann folgerichtig auch in die Formeln für den directen Widerstand K und den Seitenwiderstand G über und hatten in der Hauptsache zur Folge, dass die Wirkungen des Luftstosses nach jeder Hinsicht mehr oder weniger zu niedrig berechnet wurden.

Zufolge meiner eigenen experimentellen Untersuchungen muss ich die Formeln, wie sie soeben aufgestellt wurden, als die theoretisch und experimentell alleinig berechtigten aufrechterhalten. Jedoch ist es mir mit Hilfe der angewendeten Versuchsapparate nicht gelungen, für die Winkel α, auch wenn sie sehr spitzig sind, d. i. weniger als 5 Grad betragen, vollkommen evidente experimentelle Beweise zu schaffen.

Um nun an die früheren Beispiele anzuknüpfen, wobei das rechtwinkelige Zusammentreffen einer Fläche mit der Luftströmung exemplificirt wurde, setzen wir jetzt den Fall, dass eine Fläche unter dem Winkel von

30 Grad getroffen werde. Sonach wird jeder Quadratmeter der Fläche in normaler Richtung gemessen nur mehr 0·5, d. i. die Hälfte des früheren Widerstandes zu leisten haben, dann, in der directen Richtung des Luftstromes gemessen, 0·25, d. i. ein Viertel des früheren Betrages, endlich in der seitlichen Richtung, nämlich rechtwinkelig zur Luftströmung gemessen, 0·433 des früheren Betrages. Jene Gebäudefront also, welche bei dem Sturmwinde von 25 Secundenmeter Geschwindigkeit einen Gesammtwiderstand von 69 Tonnen zu leisten hat, wird, wenn der Sturm unter dem Winkel von 30 Grad schief auffällt, in normaler Richtung nur $34^1/_2$ Tonnen Widerstand zu leisten haben.

Das Gesetz des directen oder parallelen Luftwiderstandes findet Anwendung bei der Construction von Exhaustoren, Ventilatoren und ähnlichen Mechanismen, sowie auch bei den schraubenartig wirkenden Flügelwerken, mittelst deren man die Vorwärtsbewegung kleiner Fluggegenstände und in sehr beschränktem Masse auch der Luftballons zu Stande brachte.

Das Gesetz des Seiten-Widerstandes bildet die Grundlage zur Construction der Windmühlflügel und der Vertical-Windräder oder Windmotoren. Es wird z. B. die Fläche einer Windradsprosse, wenn sie zufällig unter dem Winkel von 30 Grad schief gegen die Windrichtung steht, einen auf die Umdrehung des Rades wirkenden Seitendruck empfangen, welcher 0·433 desjenigen vollen Widerstandes ausmacht, welchen die Sprosse bei rechtwinkeliger Stellung zu leisten hätte.

Am grössten ist der Seitendruck, wenn die Sprosse unter dem Winkel von 45 Grad schief steht.

Besonders interessant sind die Vorgänge bei Flächen, welche mit Einhaltung eines bestimmten Schiefstellungswinkels frei dem Luftstrome überlassen werden, wie dies z. B. bei einem Papierdrachen der Fall ist. Wird einem solchen Drachen, welcher den Flächenraum von 2 Quadratmeter besitzt, mittelst seiner Befestigung an der Haltschnur ein verticaler Neigungswinkel von 20 Grad ertheilt und erhalten, so ergibt sich Folgendes. Bei einer Luftgeschwindigkeit von 5 Secundenmeter hat er in der Luftströmungsrichtung einen parallelen oder directen Widerstand von 0·772 Kilogramm zu leisten. Dazu beträgt der Seitendruck, welchen er rechtwinkelig zur Luftströmung, d. i. in verticaler Richtung auf seiner Unterseite empfängt, 2·122 Kilogramm. Das Gewicht des Drachen sammt Halteschnur und sonstigen Anhängseln darf also, wenn er nicht herabfallen soll, nicht grösser sein als 2·122 Kilogramm. Würde die Windgeschwindigkeit 10 Secundenmeter sein, so ergibt sich der directe Widerstand mit 3·089 Kilogramm und der verticale Druck oder Auftrieb mit 8·487 Kilogramm, d. h. das Gewicht des Drachen dürfte sogar mehr als 8 Kilogramm betragen. In diesen Rechnungen ist indess die Dicke des vorderen Randes, welcher noch einen besonderen Widerstand leistet, nicht berücksichtigt, so dass in Wirklichkeit der directe Widerstand etwas grösser ausfällt; und ebenso ist das in höheren Luftschichten und bei

höherer Temperatur geringere Einheitsgewicht (γ) der Luft nicht in Betracht gezogen, weshalb in Wirklichkeit der Auftrieb und das erlaubte Eigengewicht des Drachen sich entsprechend kleiner zeigen werden.

Analog zu den Vorgängen bei einem Papierdrachen ist der Flug eines Vogel zu beurtheilen, wenn er mit ausgebreiteten Flügeln und Schwanzfedern gewissermassen als schiefe Fläche durch die Luft dahinschiesst. Es besteht hinsichtlich des Widerstandes nur der mechanisch gleichgiltige Unterschied, dass der Drache stillsteht, während die Luft sich bewegt, und anderseits der Vogel durch eigene Kraft sich vorwärts bewegt, während die ihn umgebende Luft als stillstehend anzusehen ist.

Eine gewöhnliche Taube besitzt ein beiläufiges Gewicht von 0·3 Kilogramm und bei ausgebreiteten Flügeln und Schwanzfedern eine Fläche von 0·075 Quadratmeter. Wenn bei ihrem Dahinschweben oder Streichen ihr Gewicht von der Luft, deren Einheitsgewicht wir zu 1·1 Kilogramm annehmen, in horizontalem Niveau getragen und am Herabsinken gehindert werden soll, so bedarf die Taube bei einer Neigung der Körperfläche im Winkel von 5 Graden einer Eigengeschwindigkeit von 20·3 Secundenmeter, bei einem Neigungswinkel von 10 Graden einer Eigengeschwindigkeit von 14·5 Secundenmeter, von 10 Graden einer Eigengeschwindigkeit von 10·5 Secundenmeter, von 45 Graden einer Eigengeschwindigkeit von 8·5 Secundenmeter. Ohne die entsprechende Geschwindigkeit ist ihr das

Schweben in der Luft eine Unmöglichkeit. Berechnet man ferners den directen und gesammten Stirnwiderstand der Taube und die zur Ueberwindung desselben erforderliche Arbeitskraft, so findet man, dass der horizontale Flug dann mit dem kleinsten Arbeitsbedarf, also mit der thunlichsten Kraftökonomie vollführt wird, wenn die Winkelstellung 8 Grad und die Eigengeschwindigkeit 16 Secundenmeter beträgt.

Bei der feiner gebauten Brieftaube, deren Gewicht und Stirnwiderstand etwas geringer ist, ergibt sich die Fluggeschwindigkeit von circa 20 Secundenmeter als die ökonomischeste und also auch diejenige, welche sie bei ihren Fernflügen in Anwendung zu bringen Ursache hat. Wenn sich gleichwohl aus den von Brieftauben wirklich zurückgelegten Distanzen und dazu gebrauchten Zeiträumen manchmal eine noch grössere Geschwindigkeit entziffert, so ist dies recht wohl aus dem Umstande zu erklären, dass das Luftmedium, welches die fliegende Taube umgibt und ihren alleinigen Stützpunkt bildet, während des Fluges für sich selbst dem Reiseziele zuströmte und die Flugbahn der Taube abgekürzt hat.

Es scheint einer jeden Vogelart eine ihr eigenthümliche mittlere Fluggeschwindigkeit verliehen zu sein, welche für den Kraftbedarf bei horizontaler Flugrichtung die ökonomischeste ist und weder gesteigert, noch auch vermindert werden kann, ohne einen Mehraufwand an Kraft zu bedingen. Nebenbei ist aber gleichzeitig gewiss, dass die Vögel zeitweise und für einzelne Distanzen noch viel grössere als die besagten

mittleren Fluggeschwindigkeiten vollbringen und dabei sogar jeden Kraftverbrauch ersparen können, wenn sie nämlich nicht in horizontaler Richtung geradeaus, sondern in schiefer Linie abwärts fliegen, wobei ihre eigene den Muskeln entstammende Betriebskraft durch die Wirkung der Gravitation ersetzt wird. Freilich kann dies nur dann geschehen, wenn sie die Höhe, aus welcher sie sich herablassen, schon früher durch eine vermehrte Kraftentfaltung erstiegen haben. Vielen Vogelarten scheint das wechselweise Steigen und Fallen, d. i. der sogenannte Wellenflug eine Erleichterung ihres Kraftaufwandes zu bieten.

Es würde zu weit führen, nun auch den complicirten Inbegriff des Flügelschlages der Vögel oder anderer Flugthiere in Bezug auf das Widerstandsgesetz näher erörtern zu wollen. Im Allgemeinen muss jeder Flügelschlag mit solcher Energie und momentaner Geschwindigkeit geführt werden, dass ein hinlänglich grosser Luftwiderstand erzeugt wird, welcher dem Vogel die seinem Gewichte fehlende feste Unterstützung zu ersetzen vermag. Der Niederschlag der Flügel erfolgt gewöhnlich nicht in rein verticaler Richtung, damit ausser der grösseren Kraftcomponente, welche den Auftrieb erzielt, auch noch eine kleinere Componente zur Vorwärtsbewegung, respective zur Ueberwindung des directen Stirnwiderstandes sich ergibt. Ist einmal eine bestimmte Vorwärtsbewegung mit der zum Schwebeflug nöthigen Geschwindigkeit erreicht, so haben die weiteren Flügelschläge nur mehr die Auf-

gabe, die durch den Stirnwiderstand verursachten Kräfteverluste wieder zu ersetzen.

Und so verlassen wir den Vogelflug, um wieder zu dem concreten Luftwiderstandsgesetz zurückzukehren.

Es hat sich bei der Beobachtung sowohl der rechtwinkelig als der schief gegen die Bewegungsrichtung der Luft gestellten Flächen der merkwürdige Umstand ergeben, *dass kleine und grosse Flächen einen proportional ganz gleichen Widerstandsdruck empfangen.* Auch diese Thatsache wurde von jeher bezweifelt und widersprochen, indem einerseits noch jetzt geglaubt wird, dass bei grösseren Flächen ein proportional grösserer Widerstand auftrete als bei kleineren, und anderseits das gerade Gegentheil behauptet wird. Meine eigenen Experimente beweisen, dass eine Versuchsfläche von 10.000 Quadratcentimeter Inhalt, unter sonst gleichen Umständen, genau 1000mal mehr Druck empfängt als eine Versuchsfläche von 10 Quadratcentimeter. Hieraus folgt, dass die aufgestellten Formeln für alle beliebigen Grössenverhältnisse von Flächen und folgerichtig auch von Körpern gleichmässige Giltigkeit haben und keines Coëfficienten bedürfen, welcher von der Flächengrösse abhängig wäre.

Ebenso hat sich experimentell herausgestellt, dass auch *die geometrische Figur*, welche eine Fläche bildet, für deren Luftwiderstandsverhältnisse *ganz gleichgiltig ist und das Quadratausmass der Fläche für sich ganz allein* von entscheidender

Bedeutung ist. Das Experiment zeigte, dass auf einer Fläche, welche z. B. 1 Quadratmeter umfasst, keine Aenderung des Widerstandsverhältnisses eintritt, ob sie nun die Form eines Quadrates, oder eines Dreieckes, oder einer Scheibe, oder eines langgestreckten Rechteckes u. s. f. besitzt. Diese Thatsachen der proportional sich gleichbleibenden Widerstandsgrösse sind allerdings geeignet, jeden auf diesem Gebiete thätigen Fachmann und insbesondere auch den Experimentator selbst zu überraschen, wenn man nämlich von der üblichen Vorstellung ausgeht, dass der gegen eine Fläche gerichtete Luftstrom, wirklich auf die Fläche auffällt. Hiebei müssten diejenigen Luftstrahlen, welche die Mitte der Fläche treffen, einen weiteren Weg bis zum Rande der Fläche zurücklegen, um nach der Seite auszuweichen, als jene Luftstrahlen, welche ohnedem in der Nähe des Randes auffallen. Die Zurücklegung des weiteren Weges müsste auch eine intensivere Widerstandswirkung verursachen, und folgerichtig würde auf grossen Flächen durch das allgemein erschwerte Ausweichen der Luftstrahlen überhaupt ein grösserer Effect hervorgebracht als auf kleinen oder schmalen Flächen. Die Sache verhält sich aber ganz anders, indem die Fläche innerhalb ihrer Ränder überhaupt von keinen Luftstrahlen getroffen wird. Es baut sich vielmehr auf jeder dem Luftstrome entgegengestellten Fläche und ebenso auf jedem körperlichen Objecte ein Hügel von ruhender Luft auf, dessen Böschungen als Gleitflächen der bewegten Luftstrahlen dienen. Die

Gestalt dieses Hügels gleicht, je nach der Configuration seiner Basis, einer Pyramide, einem Kegel, einem Keil u. s. w. (deren Spitze oder Schneide nur dann über dem Schwerpunkte der Basis liegt, wenn letztere rechtwinkelig gegen den Luftstrom gestellt ist). Der herankommende Luftstrom theilt sich an der Spitze oder Schneide des Hügels und gelangt längs der Gleitflächen, welche allseits den nämlichen Neigungswinkel (β) besitzen, an die äusseren Ränder des Objectes. Die in dem Hügel enthaltene Luft befindet sich unter der von allen Seiten gleichartigen Inanspruchnahme im statischen Gleichgewichte, erleidet eine entsprechende Compression und überträgt schliesslich den empfangenen Druck ganz gleichmässig auf ihre Unterlage. Dies ist der wesentliche Vorgang bei regelmässig gestalteten Versuchsobjecten, wenn sie in gleichmässiger Bewegung mit der unbegrenzten ruhigen Luft zusammentreffen. Bei unregelmässig gestalteten Flächen- und Körperformen und bei ungleich fliessenden Luftströmen ergibt sich selbstverständlich eine grosse und wechselvolle Mannigfaltigkeit von Hügelbildungen, welche theoretisch nicht mehr verfolgt und zergliedert werden können. Man kann sich von der principiellen Richtigkeit der Hügelbildung leicht überzeugen, wenn man in der Mitte einer quadratisch geformten Versuchsfläche ein Licht befestigt und dann die Fläche gegen die stillstehende Luft vorwärts treibt. Bei jeder beliebigen Geschwindigkeit der Bewegung wird die Flamme ruhig fortbrennen, ohne nach irgend einer

Seite gebeugt zu werden, und hiedurch den Beweis liefern, dass sie von keinem strömenden Luftstrahle getroffen wird, und noch weniger die hinter der Flamme liegende Mitte der Fläche. Man kann das Licht gegen die Ränder der Fläche und auch in der Mitte der Fläche auf eine bestimmte Entfernung nach vorwärts verschieben, ohne dass es auch in dieser Stellung von der strömenden Luft getroffen wird. Betrachtet man den Vorgang genauer, so findet man, dass der auf der Fläche sich aus ruhiger Luft aufbauende Hügel die Form einer Pyramide hat, deren Seitenflächen den Neigungswinkel (β) von 45 Grad besitzen. Der ganz gleiche Vorgang kann an der Rückseite der Versuchsfläche beobachtet werden; jedoch besteht hier die Luftpyramide nicht aus comprimirter Luft, sondern muss aus verdünnter Luft bestehen. Die Spitze der rückwärtigen Pyramide ist selbstverständlich der Punkt, in welchem der durch die Fläche auseinander gedrängte Luftstrom wieder in seine parallelfliessende Anordnung vollends zusammentritt.

Aber nicht blos bei der Luft, sondern auch bei anderen Medien, durch welche Flächen oder Körper hindurchgedrängt werden, tritt die Erscheinung der Hügelbildung auf. Beim Einrammen von Piloten in einem Terrain, welches aus plastischer, verschieblicher Thonerde bestand, wurde die den Bauführer überraschende Wahrnehmung gemacht, dass mehrere eichene $^1/_2$ Meter dicke Piloten, deren unteres Ende rechtwinkelig abgeschnitten und aus Versehen nicht

zugespitzt worden war, sich mit der gleichen Anzahl von Schlägen der Dampframme und im gleichen Tempo wie die zugespitzten Piloten einrammen liessen. Als dann behufs Klarlegung des Phänomens einige dieser stumpfen Piloten bis unterhalb ihres unteren Endes ausgegraben wurden, ergab der Augenschein, dass sich an die horizontale Schnittfläche des Eichenholzes ein aus stark comprimirter Thonerde bestehender, ziemlich scharf zugespitzter Kegel angesetzt hatte, welcher die Stelle der fehlenden Holzspitze ersetzte und wie diese mit seinen seitlichen Gleitflächen das ihn umgebende Medium auseinander drängte. Dieser Fall bildet eine sichtbare Analogie zur Hügelbildung bei Durchdringung des Luftmediums. Solche aus ruhiger Luft sich bildende Hügel oder adhärirende Bedeckungen erklären auch die experimentelle Wahrnehmung, dass es keinen Unterschied mache, ob die Stirnfläche eines gegen die Luft bewegten Objectes rauh oder glatt sei. Es werden ja nur die äussersten Ränder eines solchen Objectes von den abgleitenden Luftstrahlen wirklich tangirt, und auch hier scheinen rauhe Stellen von einem adhärirenden dünnen Lufthäutchen derart eingehüllt zu werden, dass keine Steigerung des Luftwiderstandes eintritt und nur das Object nach Massgabe der rauhen Hervorragungen und der Dicke des Lufthäutchens als vergrössert anzusehen ist.

Somit können wir die Widerstandsverhältnisse bei ebenen Flächen jetzt verlassen und auf das Ver-

halten der erhabenen Oberflächen körperlicher Objecte übergehen.

Ein mit der Schneide gegen die Luft gekehrter Keil verhält sich ebenso, als wenn seine Seitenflächen mit der gleichen Schiefstellung einzeln gegen die Luft bewegt würden.

Bei einem pyramidenförmigen Körper, welcher drei oder vier Seiten hat und mit seiner Spitze gegen die Luft sich bewegt, ist gleichfalls der Widerstand ebenso gross, wie dessen einzelne Seitenflächen unter dem nämlichen Schiefstellungswinkel ergeben würden. Besitzt jedoch die Pyramide mehr als vier Seiten, so nähert sich ihr Widerstandsverhältniss jenem eines Kegels und wird etwas geringer.

Der Widerstand eines mit der Spitze gegen die Luft gerichteten Kegels zeigt sich in Wirklichkeit kleiner, als wenn man ihn als vielseitige Pyramide betrachtet und seine Mantelfläche in Rechnung nimmt. Am einfachsten erhält man das Widerstandsverhältniss des Kegels, wenn man den Druck auf die rechtwinkelig gestellte Kreisfläche seiner Basis berechnet und das Resultat durch den Divisor $\sin\alpha + \operatorname{ctg}\alpha$ theilt. (Die Formel heisst:

$$W_{ke} = \frac{f}{\sin\alpha + \operatorname{ctg}\alpha} v^2 \frac{\gamma}{9{\cdot}81} \quad . \quad . \quad (V)$$

worin f den Flächenraum der Basis und α den halben Winkel an der Kegelspitze bedeutet.)

Indessen haben die Luftwiderstandsverhältnisse der Keile, Pyramiden und Kegel für das praktische Leben nur eine untergeordnete Bedeutung.

Wichtiger ist das für die Cylinderform bestehende Widerstandsverhältniss. Wenn ein Cylinder rechtwinkelig mit seiner Achse der Luftbewegung entgegensteht, so ist die Wirkung genau ebenso gross, als wenn man die Fläche des durch die Achse geführten Längenschnittes des Cylinders rechtwinkelig dem Luftstosse aussetzt und von dem resultirenden Betrage zwei Drittel nimmt. (Die Formel lautet:

$$W_{cy} = {}^{2}/_{3}\, f\, v^{2}\, \frac{\gamma}{9{\cdot}81} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{(VI)}$$

worin f die Fläche des Cylinder-Längenschnittes bezeichnet.) Dieses Verhältniss wurde jüngst auch von anderer Seite experimentell aufgefunden.

Wenn also beispielsweise der Schaft einer runden Säule oder eines cylindrischen Hochkamines, welcher die Höhe von 15 Meter und die Dicke von 1·2 Meter besitzt, einem Sturmwinde von 25 Secundenmeter Geschwindigkeit, d. i. 90 Kilometer per Stunde ausgesetzt ist, so beträgt der zu leistende Widerstand 832 Kilogramm, während eine viereckige Form von gleicher Höhe und Dicke um die Hälfte mehr Widerstand zu leisten hätte, nämlich 1248 Kilogramm.

Von grosser praktischer Bedeutung ist die Kenntniss des Luftwiderstandes bei einer Kugel. Hierüber sind, wie bei allen anderen Partien der Luftwiderstandsgesetze, von jeher sehr verschiedene Ansichten

und Behauptungen aufgestellt worden. Auf Grund meiner eigenen sorgfältigen Experimente muss ich dem Lehrsatze beipflichten, dass der Kugelwiderstand genau ebenso gross ist, als wenn ein Drittel der grössten Durchschnittsfläche der Kugel rechtwinkelig dem Luftstrome entgegengestellt wird. (Die Formel hiefür lautet:

$$W_{ku} = \frac{f}{3} v^2 \frac{\gamma}{9 \cdot 81} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{(VII)}$$

worin f die Fläche des grössten Kugeldurchschnittes bedeutet.)

Nebenbei sei bemerkt, dass auch auf der dem Luftstrome entgegengestellten Kugel die früher besprochene Hügelbildung stattfindet, und zwar in Kegelform sowohl auf der Vorderseite als auch auf der Rückseite. Die in beiden Kegeln enthaltene und der Kugel adhärirende ruhige Luft scheint zufolge meiner Untersuchungen einen Kubikinhalt zu besitzen von nicht weniger als 0·7 des Kugelinhaltes.

Ein naheliegendes Beispiel für den Kugelwiderstand bildet ein Gasballon, wenn derselbe als allseitig kugelförmig angesehen wird. Für einen solchen Ballon mit 20 Meter Durchmesser beträgt der gegen eine Luftgeschwindigkeit von 5 Secundenmeter zu leistende Widerstand 345 Kilogramm, gegen die Luftgeschwindigkeit von 10 Secundenmeter der Widerstand 1382 Kilogramm. Wollte man den Ballon mit denselben Geschwindigkeiten gegen die ruhende Luft fortdauernd vorwärtstreiben, so bedürfte man im ersteren Falle

einer effectiven Betriebskraft von 1725 Secundenmeter-Kilogramm, d. i. 23 Pferdekräfte, und im zweiten Falle von 13820 Secundenmeter-Kilogramm, d. i. 184 Pferdekräfte. Wollte man diesen Ballon etwa gar mit Eisenbahngeschwindigkeit in der Luft vorwärtstreiben, also mit der Geschwindigkeit von etwa 20 Secundenmeter, d.i. 72 Kilometer per Stunde, so wäre hiezu eine Antriebskraft von beiläufig 1475 Pferden erforderlich. Selbstverständlich reicht der Gasinhalt eines Ballons von 20 Meter Durchmesser bei Weitem nicht hin, um eine Motormaschine von solcher Leistungsfähigkeit nebst allen Zubehörnissen und Vorräthen mitzutragen, und anderseits kann eine Ballonhülle den Angriff solcher Kräfte nicht aufnehmen, ohne zerstört zu werden. Einen Ballon mit der Geschwindigkeit von 20 Secundenmeter vorwärts bewegen zu wollen, ist das Nämliche, als wenn man ihn vom Erdboden aus festhält und ungedeckt einem Windstosse von 20 Secundenmeter Geschwindigkeit preisgibt. Bis jetzt sind alle Ballons bei weit geringerem Angriffe in Fetzen zerrissen worden.

Ich scheue mich nicht, auszusprechen, dass es vermöge des Luftwiderstandsgesetzes niemals gelingen kann, einem Kugelballon eine praktisch nutzbare Eigengeschwindigkeit zu verleihen, oder, wie man zu sagen pflegt, ihn lenkbar zu machen. Die Lenkbarkeit oder Steuerungsfähigkeit eines Fahrzeuges hat immer zur Voraussetzung, dass dasselbe eine Eigengeschwindigkeit besitze.

Es ist wohl überflüssig, hieran die Bemerkung zu knüpfen, dass die seitherigen Ballonfahrten, wobei oft erstaunliche Distanzen in kurzer Zeit zurückgelegt wurden, nicht auf Eigenbewegung und selbstständiger Leitung beruhen, sondern auf dem Umstande, dass das Luftmedium, welches den Ballon einhüllt und festhält, in irgend einer Richtung fortströmt und den im Medium stillstehenden Ballon willenlos nach jener Richtung mit forträgt. So kann auch ein Vogel, welcher in einem Käfige festgehalten ist, überall hin gelangen; ohne dass er dorthin fliegt oder von der Stelle sich bewegt.

Vergleicht man den Luftwiderstand einer Kugel mit dem Widerstande eines Kegels, so findet man, dass, bei gleichem Durchmesser der Kugel und der Kegelbasis, die beiderseitigen Widerstände dann einander gleich werden, wenn der halbe Winkel (α) an der Kegelspitze $20^0\ 40'$ misst. In diesem Falle beträgt nämlich der Kegelwiderstand ebenfalls so viel, als wenn man ein Drittel seiner Basisfläche oder der Kugelfläche dem Luftstosse aussetzt.

Wenn kegelförmige Körper noch schärfer zugespitzt sind, so bieten sie auch noch geringere Widerstandsverhältnisse. Eine Zuspitzung mit zweimal $11^0 50'$ ergibt ein Widerstandsverhältniss von ein Fünftel der Basisfläche und eine Zuspitzung mit zweimal $5^0\ 50'$ ein Widerstandsverhältniss von ein Zehntel der Basisfläche. Die Zuspitzung eines Körpers ist also überhaupt ein Mittel, um dessen Luftwiderstand fast beliebig zu verringern. Da aber die schärfere Zuspitzung eine immer

zunehmende Verlängerung des Körpers bedingt, so wird es zuletzt schwierig, die Achse der Zuspitzung genau gegen die Luftbewegung einzustellen, und überdies macht sich bei verhältnissmässig sehr langen Körpern ausser dem eigentlichen Luftwiderstande eine von diesem wohl zu unterscheidende Seitenreibung geltend.

Auf der kegelförmigen Zuspitzung beruht in der Hauptsache auch der sehr geringe Stirnwiderstand, welchen ein fliegender Vogel zu überwinden hat. Wenn wir noch einmal auf eine fliegende Taube gewöhnlicher Sorte zurückkommen und deren Kopf mit gerade vorgestrecktem Schnabel und anschliessendem Hals nebst Brust und Leib betrachten, so erkennen wir einen Kegel, welcher den approximativen Zuspitzungswinkel von zweimal 8 Grad besitzt. Hiezu bilden die seitlich hervortretenden Flügelarme schneidige Keile, welche mit dem Winkel von zweimal 10 Grad zugeschärft sind. Die Rechnung zeigt, dass hiedurch bei der Fluggeschwindigkeit von 14·5 Secundenmeter sich ein Stirnwiderstand ergibt, welcher 11 Gramm beträgt und zu seiner fortdauernden Ueberwindung eine Arbeit von 0·159 Secundenmeter-Kilogramm beansprucht. Bei einer feiner gebauten Brieftaube wird der Stirnwiderstand wohl auch erheblich geringer sein.

Zwischen der Form einer Kugel und eines Kegels liegen noch viele andere Arten von Abrundung und Zuspitzung, welche den Stirnwiderstand eines Körpers gegen die Luft mehr oder weniger vermindern, z. B.

die elliptische und parabolische. Nach dem Vorhergehenden dürfte deren besondere theoretische Analyse in Hinsicht des Luftwiderstandes kaum mehr erforderlich sein. Eine aus verschiedenen Curven zusammengesetzte Zurundung nennt man allgemein die ogivale Form. Diese steht hauptsächlich dort in Anwendung, wo es sich darum handelt, dem gegen den Luftwiderstand zugespitzten Körper eine nicht allzu grosse Länge und Oberfläche zu geben, sondern ihm einen verhältnissmässig grossen Cubikinhalt zu sichern. Aus diesem Grunde sind in der Ballistik die weittragendsten Geschosse bei kurzer Länge cylindrisch-ogival zugerundet.

Da die Widerstandsverhältnisse in der Luft sich ähnlich wie jene im Wasser verhalten, so kann als Beispiel von ogivalen Formen auch das Vordertheil vieler Fischarten angeführt werden. Sehr vollkommen ist diese Form namentlich bei der schnellschwimmenden Forelle ausgebildet. Die gelungenste künstliche Nachahmung derselben finden wir bei dem Whitehead-schen Torpedo, nur mit dem nebensächlichen Unterschiede, dass dessen Querschnitt nicht länglich, sondern kreisrund gebildet ist. Hiebei ist mit einem möglichst grossen Cubikinhalte das erreichbare allergünstigste Widerstandsverhältniss vereinigt. Letzteres ergibt sich mit beiläufig ein Siebentel der grössten Querschnittsfläche.

Wieder zur Luft zurückkehrend, finden wir nun auch hier die Forellen- oder Torpedoform nachgeahmt.

Schon seit Erfindung des Luftballons, also seit einem Jahrhundert hat man sich fortwährend bemüht, der Ballonhülle zum Zwecke ihrer Vorwärtsbewegung gegen die Luft eine günstigere Gestalt als die einer Kugel zu verleihen. Unter der allgemeinen Bezeichnung „Cigarrenform" wurden allerlei längliche Körper mit konischen, elliptischen und ähnlichen Zuspitzungen construirt, welche dem angestrebten Zwecke mehr oder weniger nahe kamen. Je länglicher aber die Ballonform und Zuspitzung ausfiel, desto mehr machte sich der Uebelstand geltend, dass das Verhältniss der Oberfläche, sowie des Gewichtes der Ballonhaut sich zum Gasinhalte und zu dessen Auftriebskraft verschlechterte. Je günstiger nämlich der Luftwiderstand, desto schwächer die Tragkraft für den Motor. Alle Versuche, welche von den bedeutendsten Ballontechnikern unternommen wurden, wie von Heinrich Giffard 1852, Dupuy de Lôme 1872, Paul Hänlein 1873, Albert und Gaston Tissandier 1883, führten nur zu zweifelhaften und jedenfalls für praktische Benützbarkeit unzulänglichen Resultaten. Den entschieden gelungensten Versuch producirten in neuester Zeit, nämlich im Jahre 1884, die Herren Charles Renard und Arthur Krebs, Capitäne in den französischen aëronautischen Werkstätten zu Meudon bei Paris. Indem sie der Ballonhülle die möglichst annähernde Gestalt einer Forelle, respective eines Fischtorpedos gaben und die Gondel sammt Antriebsapparaten in langgestreckter versteifter Form mit dem

Bauche des Ballonkörpers in fixe Verbindung brachten, haben sie ohne Zweifel diejenige Constructionsart wirklich gefunden, welche mit dem möglich geringsten Luftwiderstande die möglich grösste Tragkraft verbindet. Zudem brachten sie einen elektrischen Motor in Anwendung, welcher das günstigste bisher erreichte Verhältniss zwischen Gewicht und Leistungsfähigkeit darstellt.

Die Länge des Ballons war 50·4 Meter, sein grösster Durchmesser 8·4 Meter, die Fläche seines grössten Querschnittes 55·4 Quadratmeter, sein Cubikinhalt 1864 Cubikmeter und die Tragfähigkeit seiner Wasserstoffgasfüllung 2000 Kilogramm. Berechnet man für seine vordere ogivale Zuspitzung den Luftwiderstand aus den betreffenden Formeln, so findet man, dass derselbe ein Siebentel und mit Einbeziehung aller Anhängsel des Ballons annähernd ein Sechstel desjenigen Widerstandes beträgt, welcher der rechtwinkelig gestellten Fläche seines grössten Querschnittes zukäme. Hieraus entziffert sich seine wirksame Widerstandsfläche mit 9·2 Quadratmeter. Aus den Weglängen, welche der Ballon gegen die Luft zurücklegte, und den Zeiträumen, welche er hiezu verbrauchte, ergab sich seine Eigengeschwindigkeit mit 4 $^1/_2$ bis vielleicht 5 Secundenmeter. Berechnet man aus der Geschwindigkeit von 4$^1/_2$ Secundenmeter den von dem Ballon zu überwindenden Luftwiderstand (bei dem Einheitsgewicht der Luft von 1·2 Kilogramm), so ergibt sich derselbe mit 22·8 Kilogramm, und aus der Geschwindigkeit von 5 Secunden-

meter mit 28·1 Kilogramm. Die zur fortdauernden Ueberwindung dieses Widerstandes erforderliche Betriebskraft entziffert sich dann mit 103 Secundenmeter-Kilogramm, beziehungsweise 141 Secundenmeter-Kilogramm, d. i. 1·4 bis 1·9 Pferdekräfte. Die Motorbatterie besass nach der officiellen Angabe der Erfinder eine primäre Kraft von 250 Secundenmeter-Kilogramm. Schätzt man den Kraftverlust in der Maschine und in dem Apparate der Luftschraube auf je 25 Percent und zusammen auf 50 Percent, so verbleiben als wirklich thätiger Nutzeffect 50 Percent, d. i. 125 Secundenmeter-Kilogramm oder $1^2/_3$ Pferdekräfte, so dass also zwischen Thatsache und Rechnung volle Uebereinstimmung besteht.

Wie gesagt ist die Renard-Krebs'sche Ballonconstruction unter allen, welche bisher versucht wurden, die vollkommenste, und es lässt sich nicht denken, wie bei einer bestimmten Tragkraft ein noch geringeres Widerstandsverhältniss erzweckt werden könnte. Aber gerade diese höchste Vollkommenheit eröffnet eine trübe Aussicht für die Zukunft des Ballonwesens. Die erreichte Eigengeschwindigkeit von circa 5 Secundenmeter ist gegenüber den gewöhnlich vorkommenden Luftströmungsgeschwindigkeiten, welche in höheren Luftschichten 10, 20 und mehr Secundenmeter betragen, so gering, dass dadurch die Möglichkeit, bestimmte Fahrtrichtungen einschlagen zu können, keineswegs geboten wird. Es gelang den Erfindern Renard und Krebs mit äusserster Aufmerksamkeit und Vorsicht,

sowie von seltenem Glücke begünstigt, zweimal, zu ihren kurzen Versuchsfahrten eine totale Windstille zu benutzen, so dass sie mittelst der Eigengeschwindigkeit von 5 Secundenmeter zu ihrem Abfahrtsorte wieder zurückkommen konnten; sie haben auch die Hoffnung ausgesprochen, die Fahrtgeschwindigkeit später auf 10 Secundenmeter und mehr steigern zu können. Das Widerstandsgesetz zeigt jedoch, dass die Verdoppelung der Fahrgeschwindigkeit eine Vervierfachung des Luftwiderstandes und eine Verachtfachung des Bedarfes an Betriebskraft mit sich bringt. Es ist nicht abzusehen, wie die Tragfähigkeit des Ballons soweit gesteigert oder die Motormaschine bei gleichem Gewicht so weit verstärkt werden könnte, um einen achtfach stärkeren Antrieb vollführen zu können. Wollte man dem Renard-Krebs'schen Ballon vollends gar die Eigengeschwindigkeit eines Eisenbahnzuges, also mit 20 Secundenmeter, d. i. 72 Kilometer per Stunde verleihen, so würde sich der Luftwiderstand versechzehnfachen und der Bedarf an Antriebskraft auf das 64fache steigen, also statt der jetzigen $1^2/_3$, dann $106^2/_3$ Pferdekräfte betragen. Alles und Alles zusammengenommen dürfte die Furcht nicht unbegründet sein, dass die Renard-Krebs'sche, an sich höchst verdienstliche Errungenschaft weniger als der Anfang einer neuen gedeihlichen Luftschifffahrts-Aera, sondern vielmehr als der Abschluss der jetzt hundertjährigen, auf die Herstellung lenkbarer Luftballons gerichteten Bemühungen anzusehen sei. Man

muss daher auf weitere Versuche und Fortschritte in dieser Richtung sehr gespannt sein.

Hievon wird das andere, nämlich das sogenannte aviatische Gebiet der Flugtechnik, wobei der Drachen- und der Vogelflug das Vorbild ist, nicht berührt, und es wird Aufgabe der betreffenden Fachmänner sein, auf diesem Gebiete mit Hilfe der nun feststehenden Luftwiderstandsgesetze ihre Studien und Versuche mit vereinten Kräften zu concentriren.

Ueber das

Schmarotzen und Zusammenleben

im Pflanzenreiche.

Von

DR. FRANZ RITTER VON HÖHNEL,
Professor an der technischen Hochschule.

Vortrag, gehalten den 17. März 1886.

(Mit sechs Abbildungen im Texte.)

Die Naturforschung ist schon längst darüber einig, dass ein durchgreifender Unterschied zwischen der Thier- und Pflanzenwelt nicht existirt. So lange die Beobachtung vornehmlich auf dem Gebrauche des unbewaffneten Auges oder schlechter einfacher Mikroskope beruhte, konnte an der Existenz tiefgreifender ja gegensätzlicher Unterschiede zwischen Thier- und Pflanzenwelt nicht gezweifelt werden. Es ist in der That nicht schwierig, eine höher entwickelte Pflanze von einem ebensolchen Thiere zu unterscheiden. Namentlich stellen die Bewegungs- und Empfindungsfähigkeit, ferner die abweichende Art der Ernährung der Thiere Kennzeichen dar, die scheinbar eine principielle Bedeutung haben. Geht man aber in den Reihen der pflanzlichen und thierischen Organismen abwärts, so bemerkt man leicht eine allmälige Annäherung, und schliesslich gelangt man zu Organismen, deren Einreihung in das eine oder andere Reich lediglich von den Gesichtspunkten abhängt, von welchen man ausgeht, aber durchaus nicht durch zwingende Gründe bestimmt wird.

Ein einfaches Beispiel wird dies klar machen. Es gibt eine Gruppe von Organismen, die erst seit etwa 25 Jahren näher bekannt ist, und welche von de Bary, demjenigen, der sie in einem wahrhaft klassischen Werke beschrieben und der wissenschaftlichen Welt näher bekannt gemacht hat, Mycetozoen, das heisst zu deutsch Pilzthiere genannt wurden. Gegenwärtig ist aber dieser Name nicht mehr gebräuchlich, und es werden diese Organismen Myxomyceten, d. i. Schleimpilze genannt. De Bary rechnete diese Lebewesen zu den Thieren, verkannte aber durchaus nicht, dass sie mit Pilzen eine gewisse Aehnlichkeit haben, wie dies schon der de Bary'sche Name „Pilzthiere" andeutet. Später neigte man sich aber der Ansicht zu, dass es doch Pilze seien, daher der spätere Name „Schleimpilze". Es ist klar, dass diese organischen Gebilde weder eigentliche oder sichere Thiere, noch ebensolche Pflanzen sein können, da man sonst nicht wohl im Zweifel hätte sein können über ihre Stellung. Sehen wir uns nun, um uns von dieser Thatsache zu überzeugen, einmal ein solches Pilzthier näher an. Man könnte vielleicht vermuthen, dass dies nicht so leicht möglich sei, da diese zweifelhaften Organismen wohl ausserordentlich klein sind und eben durch diese ihre mikroskopische Kleinheit die Classificationsschwierigkeit geschaffen haben. Allein dem ist nicht so, denn manche Pilzthiere oder Schleimpilze sind so gross, dass sie z. B. Forstleuten oder Lohgerbern ganz wohl bekannt sind, um so mehr, als sie oft durch eine grelle

gelbe oder feuerrothe Farbe in die Augen stechen. Zu diesen allbekannten Formen gehört unter anderen auch die gemeine Lohblüthe *(Aethalium septicum)*, die bei feuchtem Wetter, besonders im Frühjahre, als gelbe, schleimige Masse, die oft in handgrossen Stücken vorkommt, auf alter Lohe in Gerbereien, oder auch in Wäldern, um Forsthäuser, auf Holzplätzen auftritt. Da sie die dunkle Lohe (Gerbrinde) mit ihren schön gelben Massen schmückt und anfänglich in der Lohe verborgen blüthenartig heraustritt, so führt sie ihren bezeichnenden Volksnamen. Beobachtet man eine solche schleimige Blüthe einige Zeit, so bemerkt man leicht, dass sie nicht etwa eine todte Masse darstellt, sondern dass sie lebt, weil sie im Stande ist, sich zu bewegen. Legt man sie auf eine Glasplatte, so kann man ihre, wenn auch nur höchst langsamen Bewegungen mit grösster Sicherheit beobachten. Stellt man die Glasplatte aufrecht, so vermag die Lohblüthe hinaufzukriechen, ganz so wie ein Thier. Legt man auf die Platte ein Stückchen Fleisch, so bewegt sich die Schleimmasse gegen dasselbe hin, überwallt dasselbe, nimmt es auf diese Weise in ihren Körper auf, wo es schliesslich ganz aufgelöst, d. h. verdaut wird. Berührt man die Lohblüthe an einer Stelle mit Draht, so zieht sie sich daselbst langsam zurück. Kurz das ganze Verhalten dieser merkwürdigen Schleimmasse ist ein derartiges, dass man nicht nur schliessen muss, dass sie lebt, sondern auch, dass sie ein Thier ist. Unter geeigneten Umständen, wenn sich die Lohblüthe, welche

in der Natur von den organischen Rindenbestandtheilen lebt, genügend ernährt hat, wenn zugleich auch die Luft im Sommer trockener wird, wird unser Pilzthier starr, nimmt die Form eines festen Kuchens an, und untersucht man schliesslich diesen offenbar pilzartigen Kuchen, so sieht man, dass derselbe aus einer derben Membran, welche zahlreiche staubförmige Sporen, ganz so wie viele zweifellose Pilze (z. B. der Wiesen-Bovisl), enthält, besteht. Wer die Lohblüthe in diesem Zustande sieht, zweifelt keinen Augenblick daran, es mit einem echten Pilze zu thun zu haben. Aus den zahlreichen Sporen dieses „Pilzes" entwickeln sich aber wieder die thierischen kriechenden und fressenden Schleimmassen. Nun wird es verständlich, wieso die Naturforscher diese Organismen bald zu den Thieren und bald zu den Pflanzen rechnen.

Derartige Organismen gibt es nun sehr zahlreiche, und wenn dieselben heute bald da, bald dort eingereiht werden, so liegen hiefür keine zwingenden Gründe vor, sondern mehr zufällige oder conventionelle.

Alle diese merkwürdigen Organismen haben eine gemeinschaftliche Eigenthümlichkeit, die sie den zweifellosen Thieren nahe führt, sie haben nämlich nicht die Fähigkeit, von anorganischen Körpern zu leben, sondern bedürfen zur Erhaltung ihres Organismus organischer Substanzen. Ein Thier bedarf zur Nahrung solcher Substanzen, welche die Leiber von Thieren oder Pflanzen zusammensetzen, also z. B. Eiweiss, Stärke, Zucker, Cellulose etc. Von jenen Substanzen,

wie sie ausserhalb der Thier- und Pflanzenwelt vorkommen, wie z. B. Kohlensäure, Ammoniak, Wasser, Mineralien etc., vermag ein Thier nicht zu leben. Man könnte nun meinen, dass man durch die einfache Verschiebung der Grenze von Pflanzen- und Thierreich eine grössere Schärfe der Trennung beider erzielen könnte. Allein dies ist nicht der Fall, denn zahllos ist die Menge jener zweifellosen Pflanzen, welche von anorganischen Substanzen nicht leben können. Es kann daher die Ernährungsweise absolut keinen Unterschied zwischen Pflanze und Thier begründen. Lassen wir daher, nachdem wir uns davon überzeugt haben, dass die Trennung der beiden Reiche nach allen Seiten hin auf Schwierigkeiten stösst, die alte Frage nach der Pflanzen- oder Thiernatur eines Wesens bei Seite und halten wir uns nur an eine der vielen Beziehungen, welche bei den Organismen in Betracht kommen, nämlich an die Ernährung, so ergeben sich da viel sicherere Momente, denn es lässt sich immer entscheiden, wie die Ernährung eines Organismus geschieht. Vor Allem zeigt sich da die bedeutungsvolle Thatsache, dass nur jene Organismen sich von anorganischen Substanzen zu ernähren im Stande sind, welche in wenigstens einem Theile ihrer Zellen einen bestimmten grünen Farbstoff, Blattgrün oder Chlorophyll genannt, führen. Es ist dies jener Körper, dem das Laub unserer grünen Pflanze seine Farbe verdankt. Nur solche Zellen, welche Chlorophyll enthalten, können aus Kohlensäure und Wasser, sowie anorganischen Salzen organische Körper erzeugen.

Alle anderen nicht grünen Zellen, Thiere und Pflanzen sind bezüglich ihrer Ernährung auf die Thätigkeit der grünen Zellen und Organismen angewiesen.

Man kann daher mit aller Schärfe sämmtliche Organismen in zwei Gruppen eintheilen:

a) in solche, welche Chlorophyll führen und daher selbst organische Substanzen aus anorganischen neu bilden können, und

b) in solche, welche keine organische Substanz zuzubereiten im Stande sind.

Viel wichtiger in jeder Hinsicht ist diese Eintheilung der Organismen in selbsterzeugende und in verbrauchende als jene in Pflanzen und Thiere.

Von der erzeugenden Thätigkeit der ersteren hängt der ganze Bestand der Organismenwelt ab. Der grosse, allgemeine Kampf ums Dasein wird in grundlegender Weise durch das Zusammenwirken der „erzeugenden“ und „verbrauchenden“ Organismen bestimmt.

Die zweifellosen Thiere sind lauter „Verbraucher“. Die grünen Pflanzen sind „Erzeuger“. Die chlorophyllfreien Pflanzen hingegen verhalten sich so wie die Thiere.

Es gibt aber auch hier Uebergänge, denn es gibt Pflanzen, die erzeugen und verbrauchen, und andere wieder, welche zwar ganz gut von anorganischen Substanzen leben können, die aber doch gelegentlich oder nach Umständen stets auch organische fremde Substanzen verbrauchen.

Betrachtet man z. B. eine Mistel *(Viscum album)*, so sieht man, erstens, dass sie intensiv chlorophyllgrün gefärbt ist; zweitens, dass sie aber trotzdem auf Bäumen wächst oder schmarotzt. Schneidet man sie ab und stellt einen Ast in eine Lösung, welche alle nothwendigen anorganischen Nährstoffe enthält, so geht er zu Grunde. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass die Mistel auch dem Nährbaume nicht nur die nöthigen anorganischen Salze, sondern auch organisch gelöste Körper entzieht.

Die Mistel erzeugt daher organische Stoffe selbstständig und verbraucht aber trotzdem noch von anderen Pflanzen gebildete.

Etwas abweichend verhalten sich die sogenannten insectenfressenden Pflanzen, wohin z. B. der Wasserschlauch *(Utricularia)*, der Sonnenthau *(Drosera)*, die Kannenpflanze *(Nepenthes)*, die Fliegenfalle *(Dionea muscipola)* und viele andere gehören. Man kann eine Dionea oder eine Drosera bei Ausschluss jeder organischen Nahrung bis zur vollständigen Fruchtreife bringen; wenn man jedoch Insecten oder Fleischstückchen auf die Blätter derselben bringt, so werden sie in irgend einer Weise festgehalten und so wie in einem thierischen Magen verdaut. Es sind daher die insectenfressenden Pflanzen Organismen, die nur gelegentlich organische Nahrung geniessen, aber ganz wohl auch ohne solche vegetiren können.

Es ist klar, dass einerseits die Fähigkeit, sich selbst organische Substanz erzeugen zu können, unter

Umständen Vortheil bietet. Die Herstellung von complicirten und hochzusammengesetzten organischen Verbindungen erfordert aber eine gewisse, und zwar voraussichtlich sehr grosse Leistung, die mit einem grossen Kraft- und Arbeitsaufwand verbunden ist. Es ist aber auch klar, dass dieser Kraftaufwand jenen Organismen, welche keine organischen Substanzen erzeugen können, und da sie eben auch existiren, auch nicht zu erzeugen brauchen, erspart wird, und mithin diesen letzteren auch gewisse Vortheile zukommen. Handelt es sich z. B. um die Besiedelung einer nackten Felswand, so werden nur solche Organismen diese mit Erfolg versuchen, welche sich selbst ihre organische Substanz erzeugen können, da eine solche auf der Felswand nicht vorhanden ist. Steht umgekehrt massenhaft organische Substanz zur Verfügung, so werden jene Organismen, welche sie zu verwerthen im Stande sind, offenbar den übrigen gegenüber im Vortheile sein. Es werden sich daher voraussichtlich im klaren Quellenwasser grüne Algen, in zucker- und eiweissreichen Lösungen farblose Pilze entwickeln, wie dies ja thatsächlich der Fall ist. Es wird daher immer auf die Umstände ankommen, welche Organismen im Vortheile sind, ob die erzeugenden oder blos die verbrauchenden.

Den grössten Vortheil werden aber jene Organismen besitzen, welche beide Arten der Vermehrung ihrer organischen Substanz vereinigen. Wir werden später sehen, in welcher Weise solche Organismen zu Stande kommen.

Im Allgemeinen kann man jeden Organismus, der von lebenden Substanzen sich nährt, also anderen lebenden Organismen seine Baustoffe entzieht, als Schmarotzer bezeichnen.

In diesem weiteren Sinne sind auch die meisten Thiere Schmarotzer, da sie von anderen Thieren oder Pflanzen leben. Gewöhnlich versteht man aber unter Schmarotzern nur solche Thiere oder Pflanzen, welche auf anderen lebenden Organismen leben, sich von letzteren ernährend.

Beschränken wir uns bei der weiteren Betrachtung blos auf das Pflanzenreich, so ist vor Allem zu erwähnen, dass in der Natur alle möglichen Fälle vorkommen, was die Ernährung von vorgebildeten Stoffen anlangt.

Zunächst gibt es echte Schmarotzerpflanzen. Man kann dieselben in zwei Kategorien eintheilen: in solche, welche zugleich Chlorophyll besitzen und mithin auch selbst organische Stoffe zu bilden im Stande sind, und in andere, welche kein Chlorophyll führen.

Blattgrünführende Schmarotzerpflanzen sind z. B. die Mistel *(Viscum album)*, welche besonders auf Pappeln, aber auch auf Tannen und Föhren, sowie Eichen wächst, ferner die Riemenblume *(Loranthus europaeus)*, die nur auf Eichen und Edelkastanien wächst und in Niederösterreich ihre westliche Verbreitungsgrenze findet. Nicht alle grünen Schmarotzer erscheinen dem Auge ohneweiters grün gefärbt, und ebenso lassen sich auch nicht alle ohneweiters als solche erkennen. Einige Beispiele sollen dies des Näheren zeigen. Eine auf

Wiesen sich häufig vorfindende Pflanze ist der Bergflachs (*Thesium*, mit mehreren Arten). Es ist dies eine unscheinbare, kleine grüne Pflanze mit sehr kleinen grünlichen Blüthen und schmalen einfachen Blättern. Die Pflanze unterscheidet sich in ihrer Ernährungsweise scheinbar nicht wesentlich von den übrigen krautigen Pflanzen, die im Boden wurzeln. Gräbt man sie jedoch vorsichtig aus, so findet man, dass ihre Wurzeln mit Hilfe von Saugnäpfen mit denen von Wiesengräsern verbunden sind, und dass sie daher jedenfalls zum Theile von den organischen Substanzen dieser leben. Während also die gewöhnlichen Wiesenpflanzen ihre organischen Stoffe aus den anorganischen, welche sich in Luft und Boden finden, ganz selbst erzeugen, stehen dem Bergflachse drei verschiedene Quellen, aus welchen derselbe seine Baustoffe bezieht, zur Verfügung: die Luft, der namentlich die Kohlensäure mit Hilfe der Blätter entzogen wird, der Boden, in welchem die gewöhnlichen Wurzeln eingesenkt sind, und drittens die Nährpflanze, aus welcher die Saugwurzeln Nahrung ziehen. Ganz ähnlich wie der Bergflachs verhalten sich auch noch manche andere Wiesenpflanzen. So der Klappertopf *(Rhinanthus)*, die Alpen-Tozzie *(Tozzia alpina)*, die Sommerwurzarten *(Orobanche)*, der Wachtelweizen *(Melampyrum)*, der Augentrost *(Euphrasia)* u. A. Die Sommerwurzarten sind dabei nicht grün, sondern braun. Damit ist aber nicht gesagt, dass sie gar kein Blattgrün führen, sondern es sind nur die geringen Mengen dieses durch grössere

Massen eines braunen Farbstoffes verdeckt. Die Orobanchen beziehen daher ebenfalls ihre Nahrung aus drei verschiedenen Quellen, nur mit dem Unterschiede vom Bergflachs, dass die Mengen von selbsterzeugten organischen Substanzen entsprechend der geringen Quantität des vorhandenen Chlorophylls auch nur sehr kleine sein können. Es sind daher die Sommerwurzarten offenbar mehr auf ihre Nährpflanzen angewiesen als der Bergflachs.

Zu den grünen Schmarotzern gehören auch viele grüne Algen. So leben in der Wurzel mancher *Pandaneen,* im Stamme von *Gunnera*-Arten grüne Oscillatorien und *Anabaena*-Arten, und auch noch andere derartige Fälle sind bekannt. Ebenso wissen die Sammler von Meeresalgen, dass manche Arten nur auf ganz bestimmten anderen wachsend angetroffen werden, was wohl mit Sicherheit darauf hindeutet, dass auch in der submarinen Pflanzenwelt Parasitismus ebenso zu Hause ist wie in der übrigen.

Während die obgenannten Schmarotzeralgen in Pandaneen, Gunnereen, ferner auch die in den Blättern von *Salvinia*-Arten vorkommenden die Nährpflanzen nicht wesentlich schädigen, noch weniger aber zerstören, gibt es wahre grüne Algen, welche eine ebenso zerstörende Wirkung auf den Wirth ausüben wie viele Schmarotzerpilze. Hieher gehört die Pflanze *Phyllosiphon Arisari,* welche auf den Blättern einer Aron-Art (*Arisarum vulgare* Targ.) Südeuropas lebt und sie zum Absterben bringt.

Bei Weitem grösser und mannigfaltiger ist die Reihe der nichtgrünen Schmarotzer, welche als die Hauptkrankheitserzeuger des Pflanzen- und Thierreiches bezeichnet werden können. Die meisten nichtgrünen Schmarotzer gehören der grossen Abtheilung der Pilze an, und nur wenige sind höhere Pflanzen, welche durch Rückbildung zu Schmarotzern geworden sind. Hieher gehört als echter Parasit die bekannte von den Landwirthen gefürchtete Kleeseide *(Cusenta)*. Auf Klee- und Luzernefeldern sieht man sehr häufig grössere oder kleinere Stellen, welche ganz vergilbt und wie verbrannt aussehen. Die Culturpflanze ist an diesen Stellen durch ein unscheinbares, gelblich bis röthlich gefärbtes, zu der Schlingpflanze gehöriges Gewächs fast ganz zum Absterben gebracht. Die Kleeseide besitzt einen fadenförmigen glatten Stengel, der reichlich verzweigt und mit Hilfe von zahlreichen Saugnäpfen mit der Nährpflanze verwachsen ist. Grössere Blätter fehlen vollständig. Es kann sie die Pflanze entbehren, da sie dieselben nicht so wie die grünen Pflanzen zur Ernährung braucht. Die kleinen und unscheinbaren Blüthen stehen in Knäueln am Stengel. In ähnlicher Weise wie am Klee kommt auch am Leine eine Cusenta vor, die Leinseide *(Cusenta Epilinum)*.

Eine andere dicotyle chlorophyllfreie Pflanze ist der Fichtenspargel *(Monotropa hypopytis)*, der namentlich in Nadelholzwäldern vorkommt und mit kleinen Spargelsprossen eine gewisse Aehnlichkeit besitzt. Während aber die Kleeseide stets nur als Schmarotzer

wächst, kann der Fichtenspargel eine doppelte Lebensweise führen. Manchmal ernährt sich derselbe nur von Humus und abgestorbenen, im Humus befindlichen Pflanzentheilen, während er häufig auch als echter Parasit den Wurzeln von Waldbäumen aufsitzt, daneben aber auch jedenfalls theilweise von Humus lebt.

Man nennt Pflanzen, die von Humus und von todten organischen Substanzen leben, wie sie sich im Boden befinden, „Saprophyten“. Ein reiner Saprophyt ist z. B. die *Orchidea Epizogum* Gmel.; ferner gehören hieher die meisten Pilze oder Schwämme, wie man sie im Freien findet, z. B. der Champignon, der Fliegenpilz u. A.

Man darf sich nicht vorstellen, dass alle Schmarotzerpflanzen nur auf ihren Nährwirth angewiesen sind. Schon der Fichtenspargel ist ein Beispiel dafür, dass eine echte Schmarotzerpflanze auch als Saprophyt auftreten kann. Man hat schon manche in der Natur nur als Parasiten vorkommenden Pilze in künstlichen Nährstofflösungen gezogen; unter andern z. B. den Pilz der Kartoffelkrankheit *(Peronospora infestans)*, ferner den Hallimasch *(Agaricus melleus)*, der die Rothfäule der Fichten bewirkt, u. s. w.

Gehen wir nun zur grossen Reihe der Pilze über, welche sämmtlich des Blattgrüns entbehren und daher ganz auf organische Nahrung angewiesen sind, so lassen sich dieselben bezüglich ihrer Lebens- und Ernährungsweise in drei Gruppen theilen.

Es gibt erstens solche, welche fast stets nur von todten organischen Substanzen leben. Zweitens

leben viele als reine Schmarotzer auf oder in lebenden Thieren und Pflanzen (oft selbst wieder Pilzen), welche sie schädigen oder sogar tödten. Endlich gibt es drittens Pilze, welche mit anderen grünen Pflanzen so verwachsen, dass sie mit ihnen scheinbar einen einzigen Organismus bilden, in welchem beide Theile — Pilz und grüne Pflanze — nebeneinander, ohne sich gegenseitig zu Grunde zu richten, leben. Man nennt diese Art des Zusammenlebens von zwei Organismen, wobei beide gewisse Vortheile geniessen, Symbiose, und es sind bereits eine ganze Reihe von solchen Fällen bekannt, welche zweifellos als symbiotische zu betrachten sind.

Zu der ersten Kategorie von Pilzen gehören unsere gewöhnlichen Schimmelpilze, ferner die Fäulnissbakterien, die Hefe, die meisten sogenannten Schwämme, wie man sie auf dem Boden und auf faulenden Substanzen im Freien häufig findet.

Ihre Betrachtung liegt ausserhalb des Bereiches des heutigen Themas.

Was die Schmarotzer unter den Pilzen anbelangt, so ist ihre Zahl Legion. Fast jede grössere Pflanze weist eine ganze Reihe von Schmarotzern unter den Pilzen auf, und man kann sagen, dass die grössere Mehrzahl der Krankheiten der Pflanzen und Thiere durch Pilze ganz oder doch mit veranlasst sind.

Viele unter diesen Krankheitspilzen sind mehr weniger gross; es sind meistens solche, welche auf kleinen Thieren oder auf Pflanzen wohnen. Die

schmarotzenden Krankheitspilze der höheren Thiere und des Menschen sind meist so klein, dass sie nur schwierig unter dem Mikroskope nachgewiesen werden können und daher erst in den letzten Jahrzehnten den Forschern zur Kenntniss gekommen sind. Grössere Schmarotzerpilze sind z. B. der Hallimasch *(Agaricus melleus)*, der, wie schon erwähnt, die als Rothfäule bekannte Krankheit der Fichten bedingt. Auch die lederartigen und festen feinporigen Löcherschwämme *(Polyporus)* u. A. sind solche grössere Schmarotzerpilze auf Bäumen.

Fast an jeder Pflanzenart kann man manchmal gelbe oder braune, rothe oder schwarze Flecke oder Striche sehen. Sehr häufig ist dabei das betreffende Organ mehr oder weniger zerstört oder sonst abnormal entwickelt. Die Ursache liegt fast stets in Pilzen, welche diese Pflanzen befallen haben. Viele Pilzkrankheiten unserer Culturpflanzen sind von den Botanikern auf das Genaueste studirt worden, so dass man sie genauer bezüglich ihrer Entstehung und ihres Verlaufes kennt als manche Krankheit des Menschen. Hieher gehört z. B. die Mutterkornkrankheit, der Brand und Rost des Getreides, die Kartoffelkrankheit u. s. w.

Die Entwicklung dieser Krankheiten hängt aufs engste mit der bestimmter Pilze zusammen, so dass, wenn man Keime von dem betreffenden Pilz besitzt und die Entwicklungsgeschichte desselben kennt, man die Krankheit künstlich hervorrufen kann. Einige Beispiele, welche zugleich die oft höchst merkwürdige

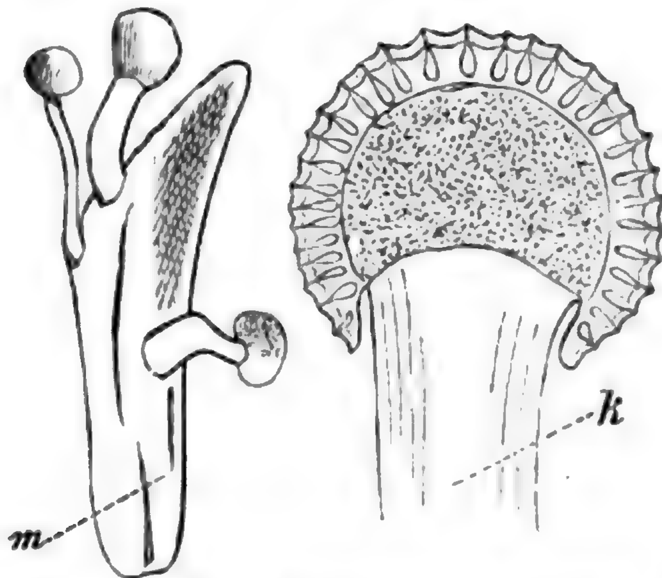
Entwicklungsgeschichte einiger wichtiger Schmarotzerpilze kennen lernen sollen, werden dies des Näheren lehren.

Was zunächst die Mutterkornkrankheit anbelangt, so findet man bekanntlich in Kornähren manchmal zur Zeit der Reife einen bis mehrere, 2—3 Centimeter lange und einige Millimeter dicke hornförmige Körper von schwärzlicher Färbung. Da die Körper genau dort in der Aehre sitzen, wo sonst die normalen Getreidekörner sich finden, und da sie dabei durch ihre besondere Grösse ausgezeichnet sind, so wurden sie Mutterkörner genannt. Sie sind nicht geniessbar und offenbar die Folge einer Krankheit des Fruchtknotens, denn anstatt dass sich aus dem Fruchtknoten ein normales Roggenkorn entwickelte, entstand ein Mutterkorn.

Die Entwicklungsgeschichte dieses letzteren (Fig. 1) ist nun folgende. Beim Mähen des Getreides fallen die Mutterkörner auf den Boden. Wenn dies auch nicht mit allen der Fall sein wird, so ist es doch gewiss mit einem Theile derselben so. Die auf den Boden gelangten Mutterkörner werden bei der nachfolgenden Bearbeitung desselben theils mehr oder weniger tief vergraben werden und dann im Boden zu Grunde gehen. Andere werden aber zufällig an die Oberfläche zu liegen kommen, wo sie sich, aber erst nachdem sie den Winter über unthätig liegen geblieben sind, weiter entwickeln. Man sieht, wie im Mai aus jedem der am Boden liegenden Mutterkörner mindestens ein kleiner Pilz herauswächst, der aus einem

Stiele und einem kleinen Köpfchen besteht. In dem Köpfchen entstehen nun fadenförmige Sporen, welche der Fortpflanzung dienen und die alsbald frei werden, so dass sie vom Winde entführt werden können. Die Sporenreife findet nun etwa im Juni statt, wenn das Korn gerade in Blüthe steht. Gelangt nun eine solche Spore auf den Fruchtknoten einer Roggenblüthe,

Fig. 1.



Mutterkorn *m* mit drei herausgewachsenen Köpfenpilzen *(Claviceps purpurea).*

k Längsschnitt durch ein Köpfchen; man sieht im Umkreise desselben zahlreiche flaschenförmige Hohlräume, in welchen die Sporen zur Entwicklung kommen.

so wächst sie aus, sie dringt in den Fruchtknoten ein und entwickelt sich hier zu einem reichverzweigten Gewebskörper, von dem wieder zahlreiche Zweige durch die Oberhaut des Fruchtknotens hindurchbrechen, um hier neue Sporen zu bilden (Sporidien), welche sich in ihrer Lebensweise ganz ebenso verhalten wie die ursprüngliche fadenförmige Spore. Schliesslich ist nach

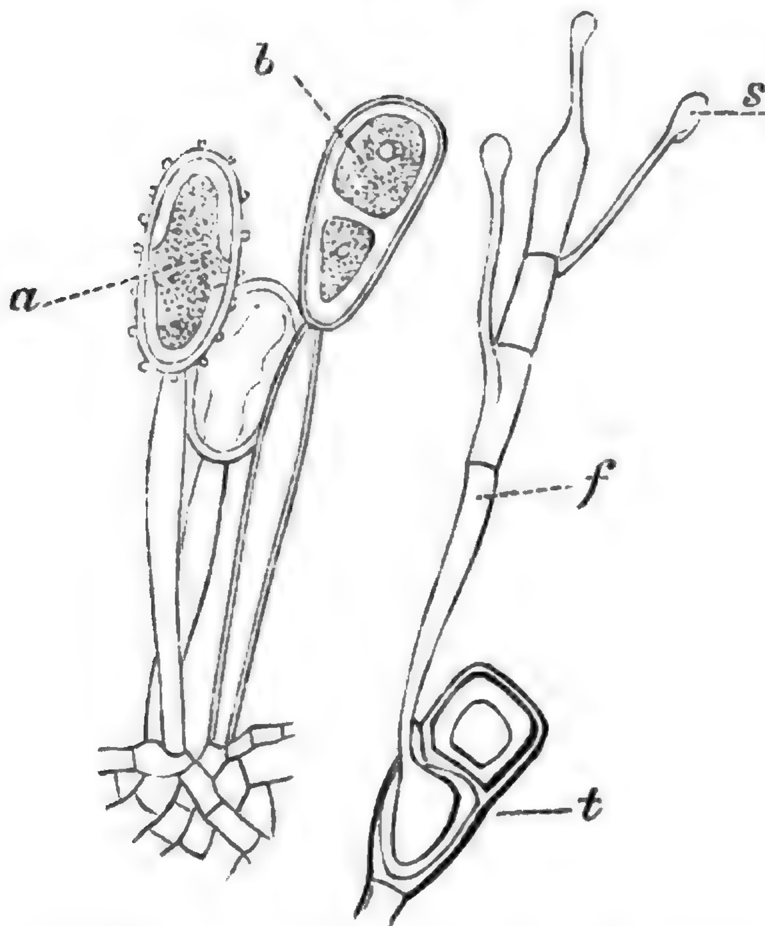
und nach der ganze Gewebskörper des ursprünglichen Fruchtknotens aufgezehrt und von einem neuen Gewebe ersetzt, das allmälig zu dem Mutterkorn heranwächst.

Man sieht, dass das Mutterkorn zum Theile auf der Roggenpflanze wächst und zum Theile auf dem Erdboden. Noch complicirter ist die Lebensweise jenes Pilzes, welches den sogenannten Getreiderost *(Puccinia graminis)* verursacht, indem dieser Pilz zu seiner Entwicklung zweier verschiedenen Nährpflanzen bedarf.

Der Getreiderost findet sich namentlich auf den Blättern des Weizens in Form von rothbraunen Strichen häufig vor. Anfänglich sind diese Striche heller, später nehmen sie eine dunklere Färbung an. So lange sie hell rothbraun sind, führen sie nur eine Gattung von Sporen, welche „Uredosporen" (Fig. 2) genannt werden. Später entwickeln sich die grösseren und dunkler gefärbten „Teleutosporen". Gelangt eine Uredospore (Sommerspore) auf ein Getreideblatt, so entwickelt sich wieder ein Rostfleck daraus, indem der Keimfaden, der aus der Spore sich entwickelt, in das Blattparenchymgewebe eindringt und sich hier zu einem Gewebepolster entwickelt, aus welchem dann wieder zahlreiche Fäden an die Oberfläche gelangen, die an der Spitze die Sommer- oder Uredosporen oder die Teleuto- oder Wintersporen abschnüren. Aus einer Sommer- oder Uredospore entsteht daher wieder ein gewöhnlicher Rostfleck. Die später entstehenden Winter- oder Teleutosporen sind im Gegensatze zu den ein-

zelligen Uredosporen zweizellig. Sie überdauern den Winter (daher ihr Name) und keimen im Frühjahre. Bei dem Keimungsprocesse entwickeln sie zunächst kleine farblose Sporen (Sporidien), die nur auf jungen Berberitzen- oder Sauerdornblättern *(Berberis vulgaris)*

Fig. 2.



Puccinia graminis, Rost des Getreides.
a Sommersporen, *b* Wintersporen, *t* keimende Winterspore mit dem Keimfaden (Promycel) *f* und den sogenannten Sporidien *s*.

keimen und hier eine eigenthümliche, von den Rostflecken ganz verschiedene Pilzform bilden, welche als *Aecidium berberidis* bekannt ist und früher für einen besonderen selbstständigen Pilz gehalten wurde. Die Aecidiumsporen entwickeln sich wieder auf Getreideblättern zu Rostflecken. Wir haben es daher beim

Rostpilze mit einer Schmarotzerpflanze zu thun, die viererlei verschiedene Sporen und zwei verschiedene, aber zur Entwicklung nothwendige Nährpflanzen besitzt.

Einfacher, aber nicht minder interessant ist die Lebensgeschichte des Brandes beim Weizen, Roggen, Hafer und Mais. Besonders bei der Maispflanze *(Zea Mais)* ist der Brand *(Ustilago Maydis)* höchst auffallend. Man sieht zur Zeit, da die Maiskolben noch nicht ganz reif sind, statt dieser grosse beulige Anschwellungen, welche ganz mit einem schwarzen Pulver (den Sporen) erfüllt sind. Anfänglich sind die Beulen bleich, fast weiss und geschlossen, später vertrocknen sie, springen auf, werden schwarz und entleeren nun Massen von Sporen, welche zum grössten Theile auf den Boden gelangen und hier zunächst meist den ganzen Winter über unthätig liegen bleiben. Werden im Frühjahre die Maiskörner gesäet, so wird es bei der grossen Anzahl der im Boden vorkommenden Brandsporen leicht vorkommen können, dass keimende Maiskörner mit Brandsporen in Berührung gerathen. Vielleicht noch häufiger werden aber auch die Brandsporen mit den Getreidekörnern selbst zugleich ausgesäet werden. Denn die zur Zeit der Reife in Menge herumfliegenden Brandsporen werden auch auf Getreidekörner zu liegen kommen, mit denen sie dann ausgesäet werden. Dies ist ganz besonders dann leicht der Fall, wenn bei der Ernte nicht sorgfältig genug vorgegangen wird und die Früchte, wie beim

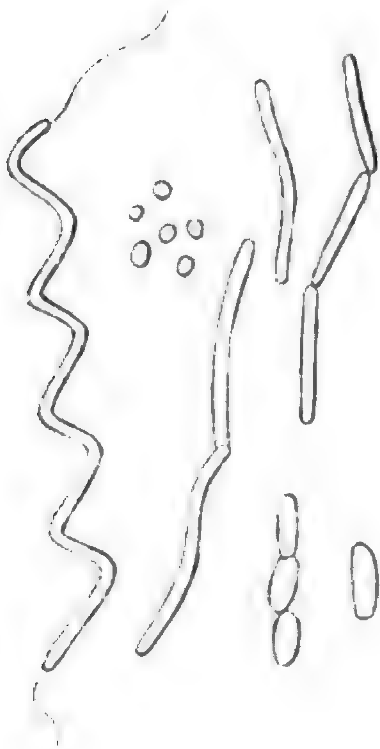
Roggen und Weizen, mit Hörnchen versehen sind, zwischen welchen die Sporen leicht haften.

Kommt nun eine Brandspore im Boden mit der keimenden Nährpflanze in Berührung, so entwickelt sie wieder Vorkeime, an denen kleine Sporidien entstehen, welche nach kurzer Zeit zu Pilzfäden auswachsen, welche in das Innere der Nährpflanzen eindringen. Indem die Nährpflanze höher wird, wächst auch der Pilz mit und durchsetzt so mit seinem Fadengewebe den ganzen Nährwirth. In der Nähe der Kolben nun findet die äusserst reichliche Sporenbildung im Innern der Pflanze statt. Das Pilzgewebe hat fast das ganze Parenchym an der betreffenden Stelle aufgezehrt und nun ist ein umfangreicher Theil der Pflanze mit schwarzen stäubenden Sporen erfüllt.

Die Schmarotzerpilze der Thiere sind in der Regel weniger auffallend, und zwar um so weniger, je grösser das Thier ist. Gegenwärtig kann es als eine sicherstehende Thatsache angesehen werden, dass ein grosser Theil der Krankheiten in der Thierwelt von Pilzen hervorgerufen werden, welche ihr mikroskopisches und verborgenes Dasein, sei es im Blute, sei es in oder auf verschiedenen Geweben suchen. Für den Milzbrand, die Diphtheritis ist es sicher, für alle sogenannten ansteckenden oder Infectionskrankheiten so gut als gewiss, dass sie durch Pilze, und zwar Bakterien, hervorgerufen werden. So für die Krankheiten, welche als Blattern, Scharlach, Cholera, Flecktyphus etc. bekannt sind. Aber auch andere Krankheiten, wie

Tuberculose, Hundswuth, Sumpffieber u. dgl. werden höchst wahrscheinlich, ja fast gewiss durch Bakterien bewirkt (Fig. 3). Diese Bakterien sind ausserordentlich klein, indem die einzelnen Individuen derselben an der Grenze der Sichtbarkeit stehen, und nur dadurch, dass sie sich ausserordentlich rasch vermehren und so leicht in ungeheurer Anzahl auftreten, vermögen sie jene mächtigen Krankheitserscheinungen hervorzurufen und grosse Thiere, sowie Menschen zu tödten, indem sie deren Gewebe zerstören und ihre normalen Functionen stören.

Fig. 3.



Verschied. Bakterien bei 600—700facher Vergrösserung: Kugel-, Stäbchen- und Fadenbakterien.

Die in und auf niederen Thieren schmarotzenden Pilze sind häufig viel auffallender und oft schon mit freiem Auge zu sehen.

Eine sehr bekannte hieher gehörige Form bedingt die im Herbste häufig eintretenden Epidemien unter den Stubenfliegen. Man sieht an Fenstern, Spiegeln, Wänden todte Fliegen kleben, welche meist einen etwas aufgetriebenen Hinterleib besitzen und von einem grauen Staubhofe umgeben sind, durch welchen sie sehr auffallen. Dieser graue Staubfleck, in dessen Mitte sich jede todte Fliege befindet, ist ganz aus Sporen gebildet, die sich auf der Oberfläche

namentlich des Hinterleibes der Fliege entwickelt haben, und welche durch einen eigenthümlichen Vorgang gleichsam abgeschossen werden, so dass sie in eine grössere oder geringere Entfernung von der Fliege zu liegen kommen. Kommt eine solche etwas klebrige Spore mit dem Hinterleibe einer gesunden Fliege in Berührung, so treibt sie einen Keimschlauch, der in das Innere des Fliegenkörpers eindringt, sich hier zu einem mächtigen Gewebe entwickelt, durch das schliesslich die Organe des Insectes zerstört werden. Das Insect geht zu Grunde. Nun treten die Pilzfäden an zahlreichen Stellen des Hinterleibes an die Oberfläche des Körpers, wo sie Sporen entwickeln, die auf eine hier nicht näher zu schildernde Weise fortgeschleudert werden. Auch die verschiedenen Krankheiten, welchen die Seidenraupen ausgesetzt sind, rühren von eigenthümlichen Pilzen her.

Ein höchst auffallender, auf verschiedenen Raupen lebender und nach ihrem Tode als schöner, bis sechs Centimeter langer, orangegelber keulenförmiger Fruchtkörper erscheinender Pilz ist der *Cordiceps militaris* genannte. In dem keuligen Fruchtkörper sind cylindrische Sporen enthalten, welche aus zahlreichen kleinen Zellen (bis zu 160) bestehen. Diese Sporen zerfallen bei der Reife in ihre Glieder, und kommt ein solches auf die Haut einer lebenden Raupe, so keimt es. Der Keimschlauch dringt ein und entwickelt nun im Innern des nun schon Krankheitssymptome aufweisenden Thieres zahlreiche cylindrische Glieder, die sich beim

Tode des Thieres auswachsend zu einem Gewebskörper umbilden, der das ganze Innere erfüllt. Aus diesem Gewebskörper des Pilzes entstehen dann durch Auswachsen an einer oder mehreren Stellen die oben geschilderten Fruchtkörper, die oft länger sind als die getödtete Raupe.

Ein besonderes Interesse beanspruchen nun schliesslich jene pflanzlichen Organismen, welche so mit anderen verwachsen, dass sie scheinbar ein einziges Individuum bilden, ohne dass die Individuen der einen Art die der anderen schädigen. Es kann also bei diesen Pflanzen von Schmarotzen nicht die Rede sein, denn die Verwachsung ist für beide mit Vortheilen verknüpft, wenn auch nicht mit gleich bedeutenden, während beim Schmarotzen der eine Theil geschädigt wird. Daher wird diese Art des Auf- oder Ineinandervorkommens von Pflanzen im Gegensatze zu Schmarotzen als Zusammenleben oder Symbiose bezeichnet. Dass Thiere manchmal zusammenleben, leben um sich gegenseitig zu nutzen, oder dass sie zusammenwachsen zu demselben Zwecke, sind leicht zu constatirende Thatsachen; die letztere namentlich bei Seethieren.

Wenn jedoch Pflanzen mit einander zu einem Organismus verwachsen, dann geschieht dies auf eine so innige Art, dass es langer Studien bedurft hat, um über die betreffenden Gebilde ins Klare zu kommen, schon deshalb, weil es stets nur niedrige Organismen sind, die die Erscheinungen der Symbiose aufweisen.

In allen ausgesprochenen und klaren Fällen der Symbiose mit Pflanzenbetheiligung sind ein grüner und ein nicht grüner Organismus mit einander verwachsen. Die grüne ist natürlich eine Pflanze, und zwar stets eine mikroskopische Alge; die nicht grüne hingegen ist entweder ein Pilz (und zwar meist ein sogenannter Schlauchpilz, Ascomycet), oder ein niedriges Thier, z. B. ein Infusionsthierchen, ein Rhyxopode (Wurzelfüsschen), eine Planarie (Plattwurm) u. dgl. m.

Einige specielle Fälle werden die Sache klarer machen.

Es sind schon lange Zeit grüne Infusorien bekannt. So gibt es *Stentor-*, *Bursaria-*Arten und dergleichen, welche intensiv grün gefärbt sind. Man bemerkt in dem farblosen Körper dieser Thiere grüne Kugeln, anscheinend Chlorophyllkörner. Man hat sich auch auf chemischem und physikalischem Wege davon überzeugt, dass diese Kugeln wirkliches Blattgrün enthalten. Ferner ist es auch Thatsache, dass diese merkwürdigen Infusionsthierchen genau so wie grüne Pflanzen ohne organische Nahrung lange Zeit leben können, aber nur bei genügender Helligkeit, kurz, dass ihre Chlorophyllkörper ebenso wie die der Blätter Kohlensäure zu assimiliren im Stande sind. Es hauchen daher diese Infusorien im Sonnenscheine ganz so wie die grünen Pflanzen Sauerstoff aus. Sie galten daher lange Zeit als chlorophyllgrüne Thiere, als merkwürdige Ausnahme im Thierreiche.

Gegenwärtig weiss man aber, dass die grünen Körner eingewanderte Algen sind, die sich in nichts von ihren freilebenden Geschwistern unterscheiden, und welche sich im Innern des Infusorienleibes ganz wohl befinden, ihre Assimilationsproducte an das Thier abliefern, in dessen Innerem sie, gegen mannigfaltige Angriffe geschützt, ein üppiges und ruhiges Dasein führen. Sie werden von dem Infusorium nicht verdaut, und beide, Thier und Alge, führen ein gemeinschaftliches Leben, jedes gewisse Vortheile aus dem gemeinsamen Haushalte ziehend.

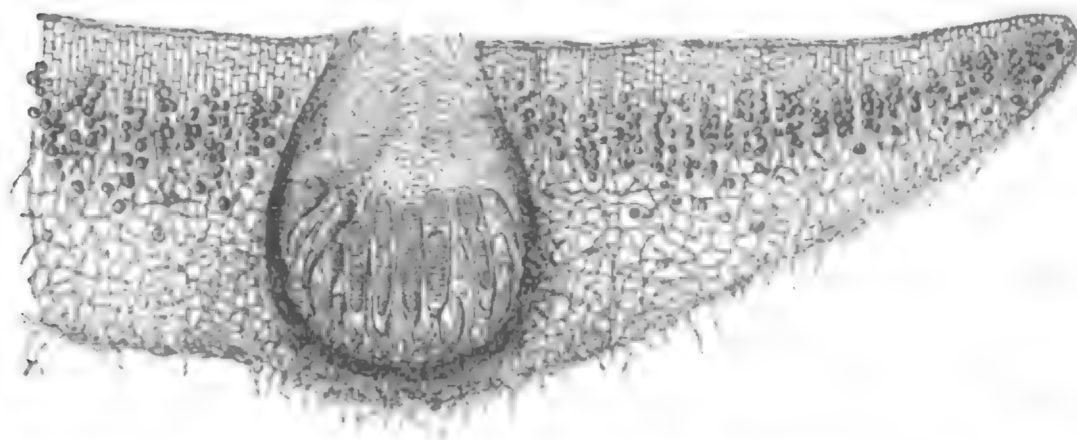
Es ist nicht bekannt, dass die genannten Infusorienarten auch ohne Algen, also in farblosem Zustande vorkommen, hingegen finden sich die betreffenden Algen (Protococcaceen) ebensowohl frei und einzeln lebend, als auch in den genannten Infusorien. Wie schon oben erwähnt, gibt es noch eine Reihe von anderen Thieren aus mehreren Ordnungen, die ebenfalls mit grünen oder gelben Algen vergesellschaftet sind.

Was nun die Symbiose im Pflanzenreiche selbst anlangt, so gibt es eine grosse, Jedermann bekannte Abtheilung desselben, die der Flechten, welche aus fast lauter symbiotischen Doppelorganismen bestehen.

Die Flechten (s. Fig. 4) sind keine selbstständigen Pflanzen, so wie die Algen oder die Pilze, sondern jedes Exemplar einer Flechte besteht aus einem Pilze, in dessen Innerem eine ganze Colonie von Algenindividuen einer Art wuchern.

Es gibt keine Organismen, welche an ihren Nährboden, an ihre Unterlage so geringe Anforderungen stellen wie die Flechten. Selbst die kahlen und nackten Felswände der Dolomiten, der harte Granit- und Quarzfels des Böhmerwaldes, zeigen Anflüge von Stein- und Krustenflechten. Erst wenn die Flechten den Boden durch längere Vegetation und Humusbildung vorbereitet haben, siedeln sich auch Moose und andere Pflanzen an.

Fig. 4.



Querschnitt durch eine Krustenfläche *(Endocarpon pusillum)*, nach Stahl.

Die Hauptmasse besteht aus den Hyphen oder Pilzfäden; zwischen diesen sind grüne Körner eingestreut, welche Gonidien heissen und Algen sind. In der Mitte die grosse Frucht, welche den Pilz bildet. In derselben sieht man, von keulenförmigen Schläuchen eingeschlossen, vielkammerige Sporen.

Wie erklärt sich diese hartnäckige Zähigkeit und Ausdauer, welche erforderlich ist, um trockene und nackte Felswände zu besiedeln?

Eine Alge für sich kann auf Felsen nicht wachsen, sie würde vertrocknen, und es fehlen ihr die Organe, sich genügend fest mit dem Gestein zu verbinden. In

der That fehlen Algen, auch solche, die periodische Trockenheit vertragen, auf kahlen Felsen fast völlig.

Noch weniger aber als freie Algen sind Pilze dazu geeignet, auf Gesteinen zu wachsen, weil ihnen die Fähigkeit, anorganische Substanzen allein zu assimiliren, abgeht.

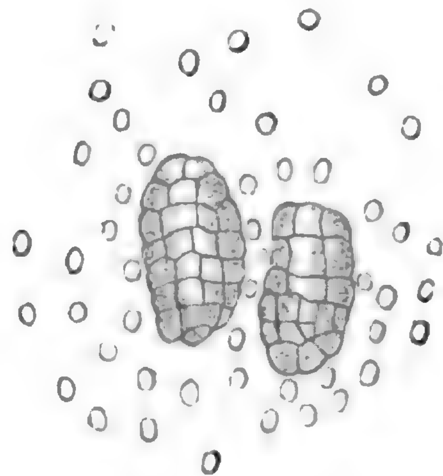
Wenn aber in einem Pilze, der zeitweilige, auch länger andauernde Austrocknung gut verträgt, Algen eingeschlossen sind und zugleich so verwachsen, dass der Pilz organische Stoffe den Algen zu entnehmen im Stande ist, dann wird es möglich sein, dass selbst am unfruchtbarsten Standorte ein derartiger Doppelorganismus ausdauern kann. Denn die Pilzfäden vermögen sich selbst in das härteste Gestein mehr oder weniger einzufressen und zu bohren und so Substanzen herauszulösen, welche auch den Algen zu Gute kommen werden. Durch diese wurzelartigen Fäden wird zugleich der ganze Organismus am Felsen gut befestigt. Die Pilzhülle schützt die Algen zugleich vor zu rascher und zu häufiger Austrocknung. Die Algen hingegen erzeugen besonders aus der Kohlensäure der Luft organische Substanzen, die nicht nur ihnen, sondern auch der Pilzhülle zu Gute kommen. So unterstützen und nützen sich beide Pflanzen gegenseitig und bilden auf diese Weise einen Organismus, wie er besser geeignet, die Anfänge der Vegetation auf unwirthlichem Boden darzustellen, kaum gedacht werden kann.

Naheliegend ist nun die Frage, auf welche Weise die Flechtenpilze zu ihren Algen kommen, denn stets

ist es eine bestimmte Alge, welche man in einer und derselben Flechtenart antrifft.

Die Antwort ist eine sehr einfache, denn die betreffenden Algen sind ausserordentlich verbreitet, so dass man kein Rindenstückchen oder Mauerfleckchen untersuchen kann, ohne auf Massen von ihnen zu treffen. Wo immer daher eine Flechtenpilzspore auch hinfällt, ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie auch ihre zugehörige Alge antrifft, eine sehr grosse. (Fig. 5, 6.)

Fig. 5.



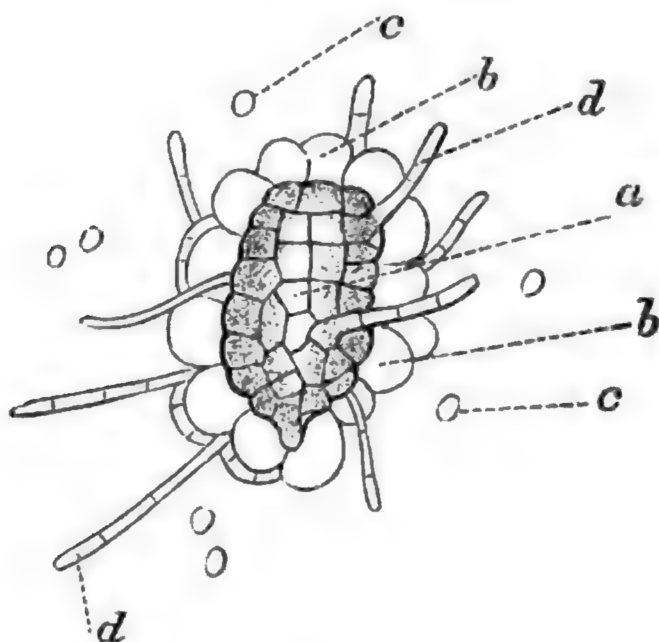
Flechtensporen
(vom Pilze der Flechte herrührend), von Algen umgeben, welche bei der Weiterentwicklung der Sporen in den Körper der Flechte aufgenommen werden, wie die nachfolgende Fig. 6 zeigt.

Dazu kommen aber noch bestimmte specifische Verbreitungsmittel der Flechten als solche, welche es, wie hier nur im Allgemeinen bemerkt werden soll, mit sich bringen, dass von den Mutterpflanzen nicht nur Pilzantheile oder Sporen, sondern auch zu gleicher Zeit Algen ausgesäet werden, so dass die betreffende Flechte ohneweiters entstehen kann.

Die in ihrer Lebensweise so äusserst verschiedenen Pilze gehen aber nicht nur mit niedrigen Algen, sondern auch mit höheren Pflanzen symbiotische Verhältnisse ein, die von einer ähnlich umfassenden Bedeutung sind wie die bei den Flechten. So wie diese durch ihre Fähigkeit, selbst ganz sterile Felsen und Gesteine

besiedeln zu können, von der grössten Bedeutung für den Haushalt der Natur und auch für die Cultur sind (ich erinnere z. B. an das allmälige Fruchtbarwerden der Laven am Vesuv und am Aetna, das durch die Thätigkeit der Flechten eingeleitet wird), so ist auch der gemeinschaftliche Haushalt, welchen gewisse Humuspilze mit Waldbäumen führen, für die Er-

Fig. 6.



Auskeimende Flechtenspore *a*,
deren Keimfäden *d* bereits zahlreiche Algen *b* umfasst haben, welche Algen besser gedeihen als die von den Keimfäden nicht berührten (*c*).

nährungsverhältnisse der Wälder und somit auch für die Menschen von der grössten Bedeutung.

Gräbt man im Frühsommer die Wurzeln von Buchen oder Eichen oder manchen Nadelhölzern aus, so findet man, dass die eigentlichen Saugwurzeln ganz von einem dichten Mantel von Pilzfäden bedeckt sind, der fest mit dem Wurzelgewebe verwachsen ist, so

dass man ihn, ohne die Wurzel zu beschädigen, nicht entfernen kann. Von diesem Pelzmantel gehen zahlreiche Fäden aus, welche in den Humus des Waldbodens eindringen. Obwohl die Pilzfäden mit den Wurzeln vollständig verwachsen und auch zwischen die Epidermis- oder Oberhautzellen derselben eindringen, so erscheinen die so befallenen Wurzeln doch nicht im Geringsten krankhaft, sondern im Gegentheile sie sind dicker und anscheinend besser genährt als die vom Pilze nicht befallenen. Es ist klar, dass die ganze Nahrung, welche der Baum durch die verpilzten Saugwurzeln, welche von A. B. Frank, dem Entdecker derselben, Mycorhyzen genannt werden, zugeführt erhält, durch den Pilz hindurch muss, da die eigentliche Wurzeloberfläche mit dem Boden gar nicht in Berührung kommt. Der Pilz muss daher die Substanzen, welche der Baum braucht, aufnehmen und ihm zuführen. Da nun aber die Pilze im Humusboden als Saprophyten leben und nicht nur anorganische Bestandtheile, sondern auch organische Humusbestandtheile aufnehmen, so erscheint es höchst wahrscheinlich, dass sich die gewöhnlichen Waldbäume (vorzugsweise die Cupuliferen und Coniferen, d. i. Becherfrüchtler und Nadelhölzer) durch Vermittlung ihrer Mycorhyzen auch vom Humus des Waldbodens ernähren.

Ob dies nun thatsächlich der Fall ist, oder ob der die Wurzeln umspinnende Pilzmantel dem Baume nur anorganische Bodenbestandtheile, also Wasser und Nährsalze zuführt, auf jeden Fall bedient sich der

Baum des Pilzes zur wahrscheinlich rascheren und besseren Aufnahme seiner Nahrung aus dem Boden. Pilz und Baum haben sich im Boden mit einander zu gegenseitigem Vortheile verbunden. Der Pilz ist gleichsam die Amme des Baumes und wird hiefür von letzterem dadurch entschädigt, dass er z. B. nicht so leicht durch Austrocknen getödtet werden kann und zeitweilig die Säfte des Baumes ihm wieder zur Nahrung dienen können, oder bestimmte ihm zusagende Stoffe in den Baumwurzeln zur Verfügung stehen. Pilz und Baum stehen also miteinander in einem activen Freundschaftsverhältniss, sie schaden sich gegenseitig nicht, sondern helfen sich.

Wenn, wie es wahrscheinlich ist, dem Baume durch die Mitwirkung des Pilzes auch organische Humusbestandtheile zugeführt werden, so erhält die Mycorhyza, deren Entdeckung für Praxis und Wissenschaft von der grössten Bedeutung ist, ein ganz besonderes Interesse, denn gegenwärtig gilt die alte Lehre der sogenannten Humustheorie, welche verficht, dass auch die grünen Pflanzen sich zum grossen Theile wenigstens, wenn nicht ganz, von den organischen Humusbestandtheilen ernähren, als für die grünen Pflanzen vollständig abgethan. Die sparsame Natur würde durch das merkwürdige symbiotische Verhältniss der Mycorhyza ermöglichen, dass erstens die ungeheuren Massen von organischen Substanzen, welche im Humus des Waldbodens aufgespeichert sind, besser verwerthet werden, und zwar speciell von denjenigen

Gewächsen, von denen der Humus in erster Linie abstammt, und zweitens die mächtigen Waldbäume die grossen Mengen von organischen Substanzen, welche sie erzeugen, zum Theile auf leichtere Weise aus bereits vorgebildeten organischen Körpern bilden können.

So begegnen wir sowohl ausbeutendes Schmarotzerthum, als auch gegenseitig unterstützendes Zusammenleben an beiden Grenzen des vegetabilischen Lebens.

Auf der einen Seite sehen wir niedrige Algen und niedere Pilze aufeinander schmarotzen und symbiotische Verhältnisse mit einander eingehen, auf der anderen Seite die Mistel, selbst ein kleiner Baum, auf Bäumen schmarotzen und letztere mit Pilzen zusammenleben.

Der Symbiotismus, dessen Kenntnis kaum 20 Jahre alt ist, scheint daher eine viel grössere Bedeutung in der Natur zu haben, als man wohl gegenwärtig annimmt. Denn die angedeuteten extremen Fälle lassen vermuthen, dass noch viele und mannigfaltige Zwischenarten vorkommen, die den Augen der Forscher bisher entgangen sind.

So sehen wir in der vegetabilischen Natur zwei grosse biologische Erscheinungen, Schmarotzerthum und Symbiotismus, nebeneinander bestehen, wohl mit manchen Uebergängen, aber doch sich in der Mehrzahl der Fälle gegensätzlich verhaltend, beide mit dem wichtigen Zwecke der Erhaltung der Individuen, beide aber, obwohl zweifellos aus einander hervor-

gegangen, mit entgegengesetzten Mitteln arbeitend. Das Schmarotzerthum bedeutet Kampf des einen Wesens gegen das andere, der Symbiotismus friedliches Zusammenleben mehrerer zu einem gemeinschaftlichen Zwecke.

Und so zeigt sich auch hier wieder, dass die Natur nur einen Endzweck kennt, es ist der Selbstzweck der Erhaltung der existirenden Arten; die Mittel, dies zu erreichen, sind einmal friedliche und dann wieder kriegerische: oft vereinigen sich zwei oder mehrere Arten zu gemeinschaftlicher schaffender Thätigkeit, und eben so oft bekämpfen sich die Arten direct activ. Dabei ist von jenem passiven Kampfe ums Dasein, der eine noch grössere Rolle spielt, aber mehr verhindernd und verkümmernd als zerstörend wirkt, ganz abgesehen.

Ueber den Phosphor.

Von

PROFESSOR DR. ERNST LUDWIG.

Vortrag, gehalten den 13. Jänner 1886.

In früheren Zeiten nannte man jeden Körper, welcher die Eigenschaft besitzt, ohne angezündet zu sein, im Dunkeln zu leuchten, Phosphor. Dieses Wort stammt von dem griechischen φωσφόρος, welches Lichtträger bedeutet. Schon zu Beginn des 17. Jahrhunderts kannte man einen solchen Lichtträger, den bononischen Leuchtstein; derselbe wurde 1640 von dem Italiener Fortunius Licetus unter dem Namen *Litheosphorus*, auch *Litheophosphorus* beschrieben. Im Jahre 1674 beobachtete zuerst der Deutsche Balduin, dass der wasserfreie salpetersaure Kalk ein solcher Lichtträger sei, er nannte ihn *phosphorus hermeticus*. Seit dieser Zeit ist die Bezeichnung Phosphor bei den Chemikern gebräuchlicher geworden, bald wurde dieselbe ausschliesslich auf den Körper angewendet, den wir auch heute noch Phosphor nennen und der die Eigenschaft, im Dunkeln zu leuchten, in eminentem Grade besitzt.

Dieser Phosphor ist ein chemisch einfacher Körper, ein sogenanntes chemisches Element; er findet sich in der Natur wegen seines grossen Bestrebens, sich mit andern Elementen zu vereinigen, nirgends im freien Zustande, sondern nur in Verbindungen; diese aber

sind in allen drei Naturreichen weit verbreitet. Im Mineralreiche existiren Phosphor- respective Phosphorsäureverbindungen in ganz beträchtlicher Zahl, so: der Apatit (phosphorsaurer Kalk mit Chlorcalcium oder Fluorcalcium), Phosphorit (phosphorsaurer Kalk) der Wawellit (phosphorsaures Aluminium), der Vivianit (phosphorsaures Eisen), das Grünbleierz (phosphorsaures Blei mit Chlorblei oder Fluorblei). In den Zersetzungsproducten der Mineralien, wie sie als Ackererde auftreten, kommt ausnahmslos eine kleinere oder grössere Menge von phosphorsauren Salzen vor; diese werden von den Pflanzen aufgenommen und dienen ihnen als wichtige Bestandtheile; namentlich in den Samen lagern sich grössere Mengen von phosphorsauren Salzen ab, wovon wir uns durch die Untersuchung der Getreidekörner jederzeit leicht überzeugen können. Mit den Pflanzen, welche den Thieren zur Nahrung dienen, gelangen die phosphorsauren Salze in den thierischen Organismus, wo sie zum Theile verbleiben, indem sie, wie in den Knochen sich massenhaft ablagern, zum Theile aber, und zwar besonders im Urin wieder ausgeschieden werden. Die vom thierischen Organismus ausgeschiedenen phosphorsauren Verbindungen gelangen als Dünger wieder in den Boden und werden daselbst den Pflanzen zur Aufnahme dargeboten. Im Pflanzen- und Thierreiche kommen noch ausser den phosphorsauren Salzen andere phosphorhaltige Substanzen vor, nämlich das Lecithin und die Nucleïne. Das Lecithin hat man in fast allen

thierischen und pflanzlichen Zellenflüssigkeiten, welche darauf untersucht wurden, nachgewiesen, besonders reichlich kommt es vor im Gehirn, den Nerven, im Eidotter, Eiter, Blut und Caviar. Die Nucleïne sind in thierischen und pflanzlichen Organen, Samen und entwicklungsfähigen Zellen, besonders in den Kernen der letzteren so verbreitet, wie wenige andere Stoffe; reichlich finden sie sich in den Kernen der Eiterzellen, in der Milch, im Eierdotter, in den kernhaltigen Blutkörperchen, sowie in den Hefezellen.

Die phosphorsauren Salze, sowie die andern genannten Phosphorverbindungen, haben sowohl für das Leben der Pflanzen, als auch für das der Thiere eine grosse Bedeutung, sie sind unerlässlich, wenn normale Entwicklung der lebenden Wesen stattfinden soll, wo sie fehlen, erfolgt bald Verkümmerung und Tod.

Im freien Zustande ist der Phosphor seit 1669 bekannt, in welchem Jahre ihn ein Hamburger Kaufmann Namens Brand zufällig entdeckte. Derselbe beschäftigte sich mit Alchemie und experimentirte unter anderem auch mit menschlichem Urin, aus dem er einen Liquor gewinnen wollte, der Silber in Gold umzuwandeln vermöchte. Brand dampfte, um sein Ziel zu erreichen, grosse Quantitäten von menschlichem Urin in gläsernen Retorten ein; wenn eine Portion abgedampft war, wurde eine neue zugegossen und das Abdampfen fortgesetzt. Bei einem solchen Experimente wurde der trocken gewordene Abdampfrückstand stark erhitzt, und indem der Kohlenstoff der organischen

Substanzen, sowie das Glas der Retorte zusammen auf die phosphorsauren Salze des Urins einwirkten, entstand freier Phosphor, dessen leuchtende Dämpfe dem aufs höchste erstaunten Alchymisten das Gelingen einer bedeutsamen Entdeckung verkündeten.

Brand hielt die Darstellung des Phosphors einige Zeit geheim, verkaufte das Geheimniss aber sodann an einen Alchymisten Krafft in Dresden für 200 Thaler, welcher es seinem Freunde Kunkel in Wittenberg mittheilte. Kunkel behauptet allerdings in einer 1678 erschienenen Schrift, er habe die Entdeckung, den Phosphor aus Urin darzustellen, selbstständig gemacht, er habe von Krafft nur erfahren, dass Brand den Phosphor aus Urin bereite, über die Art der Bereitung habe ihm jedoch weder Brand noch Krafft etwas mitgetheilt.

Die wenigen Chemiker, richtiger Alchymisten, welche damals die Darstellung des Phosphors kannten, theilten dieselbe nur für theures Geld Anderen mit; der Phosphor galt eben zu jener Zeit als eine der merkwürdigsten und kostbarsten Substanzen und erregte vor allem durch sein Vermögen, im Dunkeln so andauernd zu leuchten, das Interesse sehr vieler unter anderen auch hoch gestellten Personen. Krafft zeigte 1676 dem Kurfürsten von Brandenburg zu Berlin, und ein Jahr später Karl II. von England in London die interessanten Eigenschaften des Phosphors. Bei dieser Gelegenheit wurde der berühmte englische Chemiker Boyle mit dem Phosphor bekannt, er erfuhr jedoch,

wie er behauptet, über die Bereitung desselben von Krafft nur so viel, dass dazu etwas aus dem menschlichen Körper verwendet werde. Durch selbstständige Untersuchungen gelang es ihm, aus Harn Phosphor darzustellen. Krafft und Kunkel verkauften schliesslich an Viele ihr Verfahren der Phosphordarstellung und so kam es, dass dasselbe häufig versucht wurde, wiewohl es nur selten gelang, jedenfalls glückte es nur wenigen Chemikern eine erhebliche Ausbeute an Phosphor zu erzielen. Gottfried Hanckwitz, ein Deutscher, betrieb die Fabrikation des Phosphors in London mit Vortheil, er hatte dieselbe von Boyle gelernt und versorgte die Chemiker mit dieser kostbaren Substanz. Im Jahre 1730 wurde die Unze Phosphor in England mit $10^1/_2$, in Amsterdam mit 16 Ducaten bezahlt, heute kostet 1 Kilogramm Phosphor ungefähr 4 Gulden.

Bis dahin hatte man den Phosphor ausschliesslich so bereitet, dass man den Abdampfrückstand von Harn mit Quarzsand mischte und die Mischung bei starker Hitze destillirte; die Ausbeute war dabei stets eine geringe. Allmälig lernte man kennen, dass die Substanz des Urins, welche den Phosphor enthält, respective denselben liefert, auch anderwärts vorhanden ist, so stellte Marggraf den Phosphor aus Senf, Gartenkressensamen und Weizen dar. Der bedeutendste Fortschritt in der Phosphorerzeugung wurde durch die Entdeckung begründet, dass die Knochen eine grosse Quantität von phosphorsaurem Kalk enthalten; diese Entdeckung scheinen die schwedischen Chemiker Gahn

und Scheele fast gleichzeitig und unabhängig von einander gemacht zu haben. Auch heute wird der Phosphor noch aus Knochen dargestellt und zwar auf folgende Weise:

Die Knochen werden, nachdem sie durch überhitzten Wasserdampf zum grössten Theile von der leimgebenden Substanz befreit sind, bei Luftzutritt geglüht, wobei alles organische verbrennt, während die Knochenasche zurückbleibt, die hauptsächlich phosphorsauren Kalk enthält. Diese Knochenasche behandelt man mit verdünnter Schwefelsäure, welche daraus einerseits unlöslichen Gyps, anderseits im Wasser löslichen sauren phosphorsauren Kalk erzeugt; die Lösung des letzteren wird mit Kohle vermischt, zur Trockene verdampft, die trockene Masse mit Quarzsand gemengt und hierauf in Thonretorten geglüht.

Der Phosphor, welcher bei dieser Procedur frei wird, verdampft, der Dampf gelangt in eine mit dem Retortenhalse verbundene Vorlage, die zum Theile mit Wasser gefüllt ist; in dieser Vorlage sammelt sich der Phosphor am Boden unter Wasser an, und zwar immer mit Kohlenpartikelchen verunreinigt, weshalb man ihn unter warmem Wasser schmilzt und mit Hilfe einer kräftig wirkenden Presse durch Leder oder durch eine Platte aus porösem Stein durchpresst, um ihn zu reinigen.

Der so gereinigte Phosphor wird in Stangen geformt und so in den Handel gebracht; in der einfachsten Weise erhält man die Stangen durch Aufsaugen

des unter heissem Wasser geschmolzenen Phosphors in eine Glasröhre, welche, wenn sie gefüllt ist, unten mit dem Finger zugehalten und in kaltes Wasser getaucht wird, worin der Phosphor erstarrt. Man erhält bei gut geleiteter Arbeit aus 100 Kilogramm Knochenasche 8 bis 10 Kilogramm Phosphor, aus 100 Kilogramm frischer Knochen etwas über 5 Kilogramm Phosphor.

Während in früherer Zeit in allen Ländern Phosphorfabriken existirten, wird jetzt der Gesammtbedarf an diesem Körper von einigen grossen Fabriken in Frankreich, England und Schweden gedeckt, die kleinen Fabriken wurden durchwegs aufgelassen; die Fabrikation des Phosphors ist gefährlich, mühsam, erfordert gut geschulte Arbeiter und kann daher in grösseren Fabriken mit ungleich mehr Vortheil betrieben werden, als in kleineren.

Der nach dem beschriebenen Verfahren gewonnene, gereinigte Phosphor ist farblos oder schwach gelblich, durchscheinend, er lässt sich bei der gewöhnlichen Zimmertemperatur wie Wachs mit dem Messer schneiden, und zeigt auf der Schnittfläche Wachsglanz, bei niederen Temperaturen, also z. B. bei 0^0 ist er hart und spröde, bei 44^0 C. schmilzt er und bei 290^0 C. beginnt er zu kochen (in einer sauerstofffreien Atmosphäre, z. B. in Stickstoff oder Kohlensäure).

Im Wasser ist der Phosphor unlöslich, man bewahrt ihn wegen seiner leichten Entzündlichkeit stets unter Wasser auf. Aether, Benzin, Terpentinöl, fette Oele lösen kleine Mengen von Phosphor auf, das

beste Lösungsmittel für denselben ist der Schwefelkohlenstoff.

Nimmt man ein Stück Phosphor aus dem Wasser, in dem es aufbewahrt ist, und legt es in eine trockene Schale, so dass die atmosphärische Luft Zutritt hat, so beobachtet man alsbald um das Phosphorstück herum einen weissen Dampf und gleichzeitig tritt ein eigenthümlicher, intensiver Geruch auf; wenn man die Erscheinung im Finstern betrachtet, so sieht man den Phosphor deutlich leuchten. Diese Erscheinung des Leuchtens lässt sich sehr schön beobachten, wenn man in einem dunklen Zimmer mit einer Stange Phosphor auf eine schwarze, glatte Holztafel schreibt; alsbald leuchten die Schriftzüge deutlich und das Leuchten wird intensiv, wenn man die Stellen, an denen sich die Schriftzüge befinden, mit einem Tuche heftig reibt. Die Rauchentwicklung und die Leuchterscheinung, welche uns der Phosphor an der Luft zeigt, sind dadurch bedingt, dass er sich oxydirt, d. h. mit dem Sauerstoff der Luft verbindet, wobei phosphorige Säure entsteht. Bei diesem Vorgange wird Wärme frei und die Erwärmung kann, wenn mehrere Stücke Phosphor nebeneinander gelegt werden, so gross werden, dass der Phosphor zunächst schmilzt und dann in helle Flammen ausbricht. Diesen Uebergang der langsamen Oxydation in eine lebhafte Verbrennung kann man am besten verfolgen, wenn man ein Stück Fliesspapier mit einer Lösung von Phosphor in Schwefelkohlenstoff tränkt und dann in der Luft aufhängt. Der Schwefel-

kohlenstoff verdampft bald, da er sehr leicht flüchtig ist und der Phosphor bleibt am Papiere sehr fein vertheilt zurück; sobald der Schwefelkohlenstoff verdampft ist, entwickeln sich von der ganzen Papierfläche aus Dämpfe und dieselbe leuchtet im Dunkeln, die Oxydation erzeugt aber bald so viel Wärme, dass der Phosphor und das Papier mit lebhafter Flamme brennen. Die Lösung des Phosphors in Schwefelkohlenstoff gehört demnach zu den feuergefährlichsten Flüssigkeiten, die wir kennen. Die Entzündung des Phosphors an der Luft erfolgt schon bei 60 ° C., also nur 16 ° C. über seinem Schmelzpunkte; es ist daher leicht begreiflich, dass man mit dem Phosphor an freier Luft nicht viel manipuliren darf, es ist z. B. nicht statthaft, ihn an der Luft mit dem Messer zu schneiden, das muss immer unter Wasser geschehen, denn die beim Schneiden erzeugte Wärme würde in vielen Fällen hinreichen, den Phosphor bei Luftzutritt zum Brennen zu bringen. Von der leichten Entzündlichkeit des Phosphors kann man sich auch durch folgendes interessante Experiment überzeugen: In einem dünnwandigen Glase wird Wasser zum Kochen gebracht und hierauf ein Stückchen Phosphor in dasselbe gegeben, der Phosphor schmilzt und sammelt sich, da er specifisch schwerer als Wasser ist, am Boden des Glases an; leitet man nun mittelst einer Glasröhre Sauerstoff auf den unter dem heissen Wasser befindlichen flüssigen Phosphor, so fängt derselbe sofort unter dem Wasser an zu brennen und brennt in dem Masse, als man Sauerstoff zuleitet;

thatsächlich verbrennt in diesem Falle selbstverständlich der Phosphor in dem zugeleiteten Sauerstoff, die Temperatur des siedenden Wassers ist ausreichend, um die Verbrennung einzuleiten.

In der Luft, besonders aber im Sauerstoff, verbrennt der Phosphor, wenn er angezündet ist, unter Entwicklung eines sehr intensiven Lichtes und eines dichten weissen Rauches, aus dem sich schneeartige Flocken absetzen, welche das Verbrennungsproduct sind, das Phosphorpentoxyd genannt wird.

Der Phosphor gehört zu den heftigsten Giften, wird eine Menge von $^1/_4$ bis $^1/_2$ Gramm einem Erwachsenen einverleibt, so erfolgt, wenn nicht rechtzeitig wirksame Gegengifte angewendet werden, meist nach wenigen Tagen der Tod. Dauernde Einwirkung kleiner Phosphormengen, wie sie bei Personen stattfindet, welche fortwährend mit Phosphor zu thun haben, wie z. B. die Arbeiter in den Zündhölzchenfabriken, erzeugt eine chronische Phosphorvergiftung, die mit dem Anschwellen des Zahnfleisches beginnt und mit der Zerstörung der Kieferknochen (Phosphornekrose) endet.

Die giftige Wirkung des Phosphors ist zur Vertilgung lästiger Thiere, wie Ratten, Mäuse u. s. w. nutzbar gemacht worden; man verwendet zu diesem Zwecke den Phosphor in Form eines Teiges (Phosphorteig, Phosphorpaste) der erzeugt wird, indem man Phosphor unter heissem Wasser schmilzt und dann unter fortwährendem Umrühren Roggen- oder Weizenmehl zusetzt, bis ein weicher Teig entstanden ist.

Sehr bemerkenswerth ist das Verhalten des Phosphors gegen Licht und Wärme. Es ist eine seit langer Zeit bekannte Thatsache, dass der gewöhnliche Phosphor, wenn er der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt wird, an der Oberfläche roth und undurchsichtig wird; über die chemische Natur dieser rothen Substanz waren unter den Chemikern verschiedene Meinungen verbreitet, bis Schrötter [1]) im Jahre 1847 auf Grund einer sehr eingehend und sorgfältig geführten wissenschaftlichen Untersuchung den Beweis erbrachte, dass diese rothe Substanz eine sogenannte allotrope Modification des Phosphors ist, welche seither als rother oder amorpher Phosphor bezeichnet wird. Schrötter machte auch damals die Entdeckung, dass dieser rothe Phosphor sehr leicht durch Erhitzen in einem sauerstofffreien Gase dargestellt werden kann. Wenn man gewöhnlichen Phosphor in einer Retorte, aus der man die Luft durch Stickstoff verdrängt hat, erhitzt, so beobachtet man bei 215° C. den Beginn der Umwandlung in rothen Phosphor, die aber bei dieser Temperatur nur sehr langsam fortschreitet, wird aber die Hitze auf 240° bis 250° C. gesteigert, so erfolgt die Umwandlung rascher. Auch durch Erhitzen des gewöhnlichen Phosphors, unter Zusatz einer kleinen Menge von Jod, auf 200° C. erfolgt, wie zuerst der

[1]) Anton Schrötter, Ritter von Kristelli war bis zum Jahre 1868 Professor der Chemie am Wiener Polytechnicum, von 1868 bis 1874 Hauptmünzdirector in Wien; er starb am 15. April 1875.

Engländer Brodie angegeben hat, unter heftiger Reaction die Umwandlung in rothen Phosphor.

Der rothe Phosphor wird jetzt im grossen Maassstabe fabriksmässig dargestellt; man erhitzt den gewöhnlichen Phosphor in verschlossenen Gefässen so lange auf 240° C., bis er erfahrungsgemäss umgewandelt ist. Das so erhaltene Rohproduct, welches in der Regel noch etwas unveränderten gewöhnlichen Phosphor enthält, wird, um es von dem letzteren zu befreien, zerrieben und mit Natronlauge gekocht oder mit Schwefelkohlenstoff geschüttelt, worin sich der gelbe Phosphor löst.

Der rothe Phosphor ist, wie schon sein Name aussagt, in feiner Vertheilung, als Pulver, scharlachroth bis carminroth, in dichten Massen sieht er braunroth und auf der Bruchfläche eisenschwarz aus; er ist spröde, von muschligem Bruche und zeigt schwach Metallglanz. Ist dieser rothe Phosphor schon in seinem Aussehen wesentlich von dem gewöhnlichen gelben Phosphor verschieden, so zeigen sich in dem Verhalten gegen Lösungsmittel und im chemischen Verhalten erst recht auffallende Unterschiede. Wasser, Aether, Oele, ja selbst Schwefelkohlenstoff lösen den rothen Phosphor nicht auf und man hat daher, wie schon oben erwähnt wurde, im Schwefelkohlenstoff ein bequemes Mittel in der Hand, um ihn von dem gelben Phosphor zu trennen.

An der Luft bleibt der rothe Phosphor bei gewöhnlicher Temperatur unverändert, er leuchtet nicht

im Dunkeln und zeigt gegen den Sauerstoff eine viel geringere chemische Anziehung, als der gelbe Phosphor; während, wie früher schon angegeben wurde, der gelbe Phosphor sich schon bei 60 ^{0} C. an der Luft entzündet, fängt der rothe Phosphor erst bei 261 ^{0} C. an zu brennen; bei dieser Temperatur verwandelt er sich aber, wie man durch Versuche zeigen kann, in gewöhnlichen Phosphor und es ist also dieser, welcher sich entzündet.

Gegenüber dem thierischen Organismus verhält sich der rothe Phosphor ganz indifferent, er wirkt nicht giftig.

Die Leichtentzündlichkeit des gewöhnlichen Phosphors ist in vortrefflicher Weise in den Reibzündhölzchen nutzbar gemacht worden, für deren Erzeugung der weitaus grösste Theil des in den Phosphorfabriken dargestellten Phosphors verbraucht wird. Die allgemeine Verwendung der Zündhölzchen hat veranlasst, dass die Fabrikation derselben in riesigen Dimensionen betrieben wird; der Verbrauch dieser kleinen Feuerzeuge hat sich so überall eingebürgert, dass dieselben geradezu unentbehrlich geworden sind und es würde grosse Umwälzungen in den gegenwärtigen Verhältnissen hervorbringen, wenn den Menschen die Zündhölzchen genommen und dafür wieder Feuerstein, Schwamm und Schwefelfaden zum Feuermachen gegeben würden.

Schon im Anfange unseres Jahrhunderts hat man in England mit Hilfe des Phosphors Feuerzeuge hergestellt, aber nur in kleinem Maassstabe, erst im

Jahre 1833 wurden an verschiedenen Orten Zündhölzchen erzeugt, welche näherungsweise mit unseren Zündhölzchen übereinstimmen, in Wien erzeugte Preshel 1833 schon Zündhölzchen, Zündschwamm und Cigarrenzünder mit Phosphor.

Die Fabrikation der Zündhölzchen mit gewöhnlichem Phosphor erfolgt im Wesentlichen auf folgende Weise: Mittelst eigener Hobelvorrichtungen werden aus weichem Holze, meistens aus Fichten- oder Tannenholz längere, runde oder vierkantige Hölzchen (sogenannte Holzdrähte) hergestellt, diese werden sodann getrocknet und in kleinere Hölzchen von der für Zündhölzchen erforderlichen Länge zerschnitten, auf deren eines Ende die Zündmasse aufzutragen ist, welche den Phosphor enthält; damit die Uebertragung des Feuers von der Zündmasse, welche das Köpfchen des Zündhölzchens repräsentirt, auf das Holz leichter übertragen wird, ist neben dieser Zündmasse noch ein leicht brennbarer Körper, wie Schwefel, Paraffin, Wachs, Stearinsäure angebracht; die Hölzchen werden zunächst entweder in geschmolzenen Schwefel, oder in geschmolzenes Paraffin, Wachs oder geschmolzene Stearinsäure eingetaucht, so dass diese Körper auf eine Länge von ungefähr einen Centimeter das Holz überziehen oder durchtränken und dadurch leicht brennbar machen, dann erfolgt das Eintauchen in die flüssige Zündmasse, welche durch Verrühren von Phosphor in warmem Gummischleim oder in warmer Leimlösung unter Zusatz von Bleisuperoxyd und salpetersaurem

Blei angefertigt ist. Nachdem die Zündmasse auf den Hölzchen eingetrocknet ist, sind dieselben fertig und werden verpackt. Statt des Bleisuperoxydes und des salpetersauren Bleis hat man auch andere Oxydationsmittel der Zündmasse zugesetzt, die alle den Zweck haben, mit dem Phosphor gemengt, schon bei gelinder Reibung dessen Entzündung zu bewerkstelligen. Bisweilen setzt man der Zündmasse verschiedene Farben zu, wenn die Köpfchen der Zündhölzer gefärbt sein sollen.

Im Gefolge der grossen Vortheile, welche die Phosphorzündhölzchen der Menschheit gebracht haben, schreiten aber ganz unverkennbar einige sehr gewichtige Nachtheile einher, die im wesentlichen auf der Giftigkeit des Phosphors beruhen und die man bald nach der Erfindung der Zündhölzchen erkannte. In früherer Zeit erkrankten die Arbeiter in den Zündhölzchenfabriken häufig an der sogenannten Phosphornekrose und verloren oft, nachdem sie die furchtbarsten Schmerzen erlitten hatten, ihre Kieferknochen. Das kommt zwar jetzt nur selten mehr vor, seitdem für gute Ventilation in den Fabriken, sowie für sorgfältige Reinhaltung der Arbeiter gesorgt ist, aber da man mit den Zündhölzchen eines der heftigsten Gifte jedermann frei zugänglich macht, so kommen zufällige oder absichtliche Vergiftungen mit Phosphor respective mit der Zündmasse der Zündhölzchen gar nicht selten vor; ziemlich häufig ereignet es sich, dass kleine Kinder Zündhölzchen in die Hände bekommen, dass sie die

Köpfchen abnagen, verschlucken und, wenn nicht rechtzeitig ärztliche Hilfe zur Hand ist, elend zu Grunde gehen.

Zu der Zeit, als Schrötter die Entdeckung machte, dass der amorphe Phosphor durch Erhitzen in einem sauerstofffreien Gase dargestellt werden könne, waren die Fälle von Phosphornekrose unter den Arbeitern in den Zündhölzchenfabriken häufig, das Elend unter diesen Menschen war gross; man kann sich daher denken, mit welchem Enthusiasmus Schrötter's Entdeckung begrüsst wurde, als man erkannt hatte, dass der rothe Phosphor nicht giftig sei und mit gewissen Oxydationsmitteln, wie z. B. chlorsaurem Kalium gemengt, doch eine leicht entzündliche Masse liefere. Die französische Akademie der Wissenschaften zeichnete Schrötter durch Verleihung des Montyon-Preises aus, welcher solchen Erfindungen zu Theil wird, die wesentliche sanitäre Verbesserungen herbeiführen.

Die grossen Hoffnungen, welche Schrötter auf seine Entdeckung setzte und mit ihm Alle, denen die mögliche Tragweite derselben erfassbar war, haben sich leider nur sehr allmälig und selbst bis auf den heutigen Tag noch nicht vollständig erfüllt; denn eigentlich sollten jetzt Zündhölzchen mit gewöhnlichem Phosphor gar nicht mehr im Gebrauche sein, da dieselben, wie schon erörtert, ein eminentes Gift enthalten, und da man mittelst des rothen Phosphors sehr brauchbare Zündhölzchen herstellen kann, die im

fertigen Zustande nicht giftig sind und auch bei ihrer Fabrikation zu keinen schädlichen Wirkungen auf die Arbeiter Veranlassung geben, allein jedermann weiss, dass in vielen Ländern die Zündhölzchen mit gewöhnlichem Phosphor noch immer die allgemein gebrauchten sind, während jene mit amorphem Phosphor, die sogenannten schwedischen Zündhölzchen (deren Fabrikation namentlich in Schweden in colossalem Massstabe betrieben wird) sich nur langsam einbürgern.

Anfangs stellten sich der Darstellung einer brauchbaren, ruhig abbrennenden Zündmasse mit rothem Phosphor grosse Schwierigkeiten entgegen, dieselben wurden aber allmälig überwunden und die jetzt in den Handel gebrachten „schwedischen Zündhölzchen“ stellen ein so tadelloses Feuerzeug dar, dass sie die Zündhölzchen mit gewöhnlichem Phosphor vollständig zu ersetzen vermögen. Diese schwedischen Zündhölzchen haben braune Köpfchen, welche aus einer Masse bestehen, die keinen Phosphor enthält; die Reibfläche der Schächtelchen, in denen diese Zündhölzchen verpackt sind, enthält amorphen Phosphor; streicht man mit einem solchen Hölzchen über diese Reibfläche, so wird etwas rother Phosphor abgerieben, welcher mit der Masse der Köpfchen, die aus Oxydationsmitteln (chlorsaures Kalium, chromsaures Kalium, Mennige) und Schwefelantimon besteht, eine leicht entzündliche Mischung gibt, so dass die bei der Reibung auf der Reibfläche stattfindende Erwärmung schon zur Entzündung genügt.

Die schwedischen Zündhölzchen mit amorphem Phosphor haben gegenüber den gewöhnlichen Zündhölzchen noch das voraus, dass sie nicht so feuergefährlich sind, ein Umstand, der bei der allgemeinen Verwendung der Zündhölzer sehr in Betracht kommt; wie oft ist schon durch unvorsichtigen Gebrauch der Zündhölzchen eine Feuersbrunst entstanden, die unter sonst gleichen Umständen durch schwedische Zündhölzchen nicht entstanden wäre.

Alles in allem sind die schwedischen Zündhölzchen in dem Zustande, in welchem sie uns heute von der Industrie geboten werden, ein vortreffliches Feuerzeug, sie sind wohlfeil, leicht genug entzündlich und sind ganz dazu angethan, die Zündhölzchen mit gewöhnlichem Phosphor zu verdrängen; dass dies recht bald im Interesse der Sicherheit und Gesundheit Vieler geschehen möge, ist gewiss der Wunsch aller Einsichtigen.

Tromben und Tornados.

Von

DR. J. M. PERNTER.

Vortrag, gehalten den 24. Februar 1886.

(Mit 3 Figuren im Texte.)

Es ist eine Eigenthümlichkeit der menschlichen Natur, deren Erklärung wir den Physiologen und Philosophen überlassen müssen, dass wir Alle ein ganz eigenes Vergnügen an der wirbelnden Bewegung empfinden. Mit welcher Freude und Ausdauer schauten wir als Kinder der wirbelnden Drehung des Kreisels zu; welches Vergnügen bereitet es Knaben und Mädchen, sich gegenseitig an den Händen fassend, so lange im Kreise zu drehen, bis endlich Alles, wenn sie selbst sitzen, sich im Kreise um sie dreht; mit welcher immer gespannten Neugierde sitzt man am Rande eines Wassers, dem Spiele des Strudels zuzusehen! Und scheint es nicht, dass die Kinder, zu Jünglingen und Jungfrauen herangereift, die Lust und Freude an der wirbelnden Bewegung nur um so lebhafter in sich tragen? Oder sollte ich mich täuschen? All die Kränzchen und Bälle, der grosse Aufwand von Geld und Zeit, von Toiletten, Putz und Schmuck, sollte er nicht wegen des Gefallens und der Freude an der wirbelnden Bewegung des Tanzes gemacht werden? Ja sollte etwa gar jener urwüchsige, kräftige deutsche Spruch

— unter uns Deutschen darf man wohl davon reden — „wer niemals einen Rausch gehabt, das ist kein braver Mann“, seine tiefere Begründung in der erwähnten Eigenthümlichkeit der menschlichen Natur finden? Und was ist es Anderes als ein Wirbeln durchs Weltall, das wir auf unserer Erde um die Sonne vollführen? Gewiss ist es auch der Reiz, den Wirbelbewegungen auf Alle ausüben, welcher Sie veranlasste, sich zum heutigen Vortrage über Tromben und Tornados einzufinden; denn Tromben und Tornados sind, wie Sie wohl wissen, Wirbelstürme.

Ich bin mir wohl bewusst, dass mit den beiden Ausdrücken „Tromben und Tornados“ im Wesentlichen ein und dasselbe Ding, wesentlich nicht verschiedene Erscheinungen bezeichnet sind. Im Allgemeinen sagt man überall Trombe, in Amerika aber heissen die dort unerhört heftigen Tromben Tornados. Deutsch hat man sie auch „Wettersäulen“ genannt, doch konnte sich diese Benennung nicht recht einbürgern; möglich, dass der neue Sprachreinigungsverein sie wieder aufnimmt. Mehr Eingang fanden die Worte „Wasserhose“, „Sandhose“. Von allen Benennungen ist wohl Tornado die zutreffendste; Tornado ist ein spanisches Wort und heisst Wirbel, Wirbelsturm. Trombe ist aus dem italienischen tromba, die Trompete, wahrscheinlich weil die ganze Erscheinung einer Trombe mit einer Trompete möglichst wenig Aehnlichkeit hat. Aehnliches gilt auch wohl von den deutschen Benennungen Sand*hose* und Wasser*hose*. Die Unterschiede in den

Benennungen sind sachlich nicht wesentlich, nur sind wir gewohnt, mit dem Ausdrucke Tornado die Vorstellung eines heftigeren und gefährlicheren Wirbelsturmes zu verbinden als mit der Benennung Trombe; der Grund hiefür liegt darin, dass diese amerikanischen Tornados in der That die bösartigere Gattung sind.

Doch nun lassen Sie uns die Erscheinung selbst kennen lernen, die wir mit Trombe und Tornado bezeichnen. Um Ihnen ein volles und klares Bild davon zu geben, werde ich Ihnen die Beschreibung ein paar solcher Wirbelstürme möglichst detaillirt geben.

Mohr hat eine am 1. Mai 1835 zu Coblenz beobachtete Trombe in Poggendorf's Annalen beschrieben, und ich gebe diese Beschreibung aus zwei Gründen an erster Stelle: erstens wird eine Erscheinung meist besser aufgefasst, wenn uns die Gegend, in der sie auftrat, nicht allzu fremd ist; es ist schon einmal so, dass wir das, was in Deutschland sich ereignete, leichter für richtig annehmen, als was in Amerika oder Australien oder gar in China sich abspielte; zweitens ist gerade in der Mohr'schen Trombe mit einem Schlage eine Sand- und Wasserhose gegeben und ersparen wir uns dadurch zwei verschiedene Tromben zu beschreiben. Müller gibt in seiner kosmischen Physik folgende Darstellung der Mohr'schen Trombe:

„Um $^1/_2$3 Uhr bildete sich am Fusse des Alexander-Forts, im Felde von Neuendorf, ein Wirbelwind, der rasch zu einer fürchterlichen Stärke heranwuchs, Sand und Staub aufwühlte und mit sich

fortführte. Er nahm seine Richtung von Nordwest nach Südost, gerade auf die Landspitze zu, welche das linke Rhein- und das linke Moselufer mit einander bilden. Eine Frau, welche mit einem Korbe auf dem Kopfe aus dem Felde kam, wurde durch die Trombe zu Boden geworfen und der Korb hoch durch die Luft auf die andere Rheinseite fortgeführt. Die Staubwolke, welche wirbelnd über die Erde fortzog, war grau von Farbe und undurchsichtig. Sie hatte eine schräge Lage nach der Strömung des Windes in den höheren Regionen, mit dem oberen und breiteren Theile nach vorne, den unteren schmäleren gleichsam nach sich ziehend. Sie hatte die scheinbare Form eines Trichters, dessen Spitze nach unten gekehrt einen Durchmesser von 30 bis 40 Fuss hatte, dessen oberer Durchmesser aber drei- bis viermal so gross war. An Höhe hatte sie bald alle nahegelegenen Häuser weit überstiegen.

Die Bewegung dieser Trombe war von einem fürchterlichen Sausen begleitet. Der erste höhere Gegenstand, welchen sie traf, war eine Saffianfabrik. Unter fürchterlichem Geprassel wurde das Dach des hinteren Gebäudes losgerissen und über das Hauptgebäude hinweg etwa 40 Schritte weit ins Feld geschleudert. Fenster wurden zertrümmert, Laden und Fensterflügel herausgerissen und Alles weit herumgestreut. Die auf den Speichen aufgehangenen Häute wurden von der Trombe fortgerissen, so dass man sie wie schwarze Vögel hoch in den Lüften dahin fliegen sah.

Von da bewegte sich die Trombe rasch gegen die etwa noch 100 Schritte entfernte Mosel hin, wo sich das ganze Schauspiel veränderte. Die Erdtrombe wurde nämlich eine Wasserhose; sie wühlte das Wasser in so wildem Brausen auf, dass es auf der ganzen Basis schäumend auf eine bedeutende Höhe wirbelnd hinaufgezogen wurde, während ausserhalb des Wirkungskreises der Wasserspiegel weder gestört, noch getrübt wurde. Der Durchmesser des Trichters nahm über die Hälfte des Flussbettes ein. Auf der Landspitze angekommen, welche das rechte Mosel- mit dem linken Rheinufer bildet, an der Ecke des ehemaligen deutschen Hauses, schien das Meteor einige Augenblicke stillzustehen, setzte aber alsbald seinen Weg in gerader Richtung über den Rhein gegen Ehrenbreitstein hin fort.

Auf der rechten Rheinseite angekommen, warf es das Wasser 8 bis 10 Fuss hoch auf das Land und nahm ein 60 Ellen langes Stück Leinen von der Bleiche hoch in die Luft, so dass man es wie eine Bandschleife umherflattern sah. Sieben Bäume von 6 bis 8 Zoll Durchmesser wurden abgebrochen, Aeste von 4 bis 6 Zoll Dicke abgerissen und umhergeschleudert, womit dann das Meteor so ziemlich sein Ende erreichte.

Wenige Minuten nach dem Aufhören desselben fiel ein heftiger Platzregen mit starkem Hagel."

Doch das ist ja harmlos Spiel gegenüber einem amerikanischen Tornado. Es ist äusserst selten, dass ein Beobachter Gelegenheit bekommt, so einen Sturm-

könig auf seinem vernichtenden Streifzuge ruhig und unbehelligt von der Ferne zu betrachten und den ganzen Verlauf und die äussere Erscheinung desselben mit dem Blicke eines unbetheiligten Zuschauers zu verfolgen. Um so interessanter ist es, die Beschreibung eines solchen Tornado von einem der Wenigen, die der Zufall begünstigte, zu vernehmen. Herr Rupert gibt im „Jowa Herald“ folgende lebhafte Darstellung, datirt von Huron 28. August:

„Heute war es sehr heiss, die Sonne schien versengend. Jedermann erwartete ein Gewitter, aber es kam keines. Statt eines Gewitters hatte ich den prächtigen Anblick einer Wasserhose zu Land, wenn man einen Tornado so nennen darf. Beiläufig um $^1/_2 4^h$ p. m. sah man eine einzelne Wolke genau im Norden der Stadt. Sie war nicht sehr ausgedehnt und Niemand dachte, dass sie eine der grossartigsten Naturerscheinungen erzeugen würde. Sie sah so harmlos und unbedeutend aus. Da bemerkte man etwa 2 Miles nördlich von der Stadt den Staub unten in ungewöhnlicher Bewegung, eine Anzahl kleiner Wirbelwinde schienen sich allmälig zu vereinigen, während ein langer Arm langsam von den Wolken herabgesenkt wurde gegen die Erde, die ihm entgegenkam. Dieser Arm war anfangs von undeutlicher Begrenzung, nahm aber rasch die Form eines Trichters an. Die Sonne schien hell und war während des ganzen Phänomens nicht verdunkelt, so dass die grosse wirbelnde, siedende, schäumende Säule von Wolken und Erde fast zauberhaft und

überirdisch erschien, indem sie langsam über die Prairie fortschritt, beständig an Kraft gewinnend. Ich hatte oft gewünscht, Zeuge einer solchen sonderbaren Laune der Natur zu sein, aber darnach, was ich heute gesehen habe, ist eine halbe Mile die geringste Entfernung, in die ich zu gehen wage. Die Wolke schien sich glattweg über die Stadt schwingen zu wollen, sie bewegte sich jedoch, während der Wind direct aus Nord blies, nach Südwest und liess gerade die Stadt beiseite. Wir verfolgten sie auf Miles hinaus auf ihrem Wege der Zerstörung und fragten uns mit Verwunderung, woher sie die grosse Kraft gewinne und wohin ihre Wuth komme. Es war ein sehr schöner Anblick, wenn man für einen Augenblick das Furchtbare vergessen konnte. Ich glaube nicht, dass ich Ihnen zu einer Vorstellung der Erscheinung verhelfen kann. Ich weiss nur, dass Jemand, der die Annäherung des Tornado bemerkt, mehr als genug Zeit hat, ihm aus dem Wege zu gehen, wenn er Geistesgegenwart besitzt. Das grosse Unglück besteht darin, dass in solchen Zeiten die Leute unfähig sind zu denken. Zwei Miles von hier war ein Mann so vorsichtig gewesen, eine Cyklonenhöhle zu graben. Seine Frau sah die Annäherung der Wolke und hatte übermässig Zeit, die Grube zu erreichen, aber anstatt dessen versuchte sie die Thür gegen den Sturm zu halten. Das Haus und Alles, was darin war, wurde in Stücke gerissen und verbogen. Die Frau wurde hundert Yards weit geschleppt und ziemlich schwer verletzt. Während des

Durchganges des Tornado blies hier kein Wind und nur unmittelbar an der Bahn des Sturmes gab es eine ungewöhnlich heftige Störung der Luft. Der umgekehrte Kegel, der von der Wolke herabhing, schien nicht in sehr erregter Bewegung zu sein, obgleich in seiner Mitte eine hellere Säule zu sehen war, welche zu kochen und zu sieden schien. Als der Tornado über den Fluss ging, glaubte man, das Wasser sei gänzlich aus dem Bette bis zu einer Höhe von über 100 Fuss hinaufgezogen. Als er die Prairie verwüstete, wurde Alles, was in seiner Bahn war, in den gefrässigen Wirbel hineingezogen. Bauhölzer waren wie Papierfetzen, die von einem leichten Sommerwind aufgewirbelt werden. Selbst Eisenstangen wurden entzwei gebrochen. Käme so ein Sturmkönig in tiefer Nacht, so wäre er gar schrecklich. Er muss nothwendig Alles mitnehmen, was er berührt. Er käme ohne jede Warnung, denn ich hörte diesmal nichts von jenem „leise grollenden Geräusch“, welches, wie man sagt, den Tornado immer begleitet. Es gab weder einen Windstoss, noch einen Regenschauer als Ankündigung der Gefahr. Die Hitze des Tages hatte die Störung der Luft verursacht und der Zufall allein bestimmte den Platz, wo der Sturm begann. Man sah die Wolke, nachdem sie hier vorübergezogen war, sich theilen und zu einer Zeit waren nicht weniger als fünf dieser sonderbar gestalteten Wolken in Sicht. Diese konnten sich zeitweilig vereinigen und sich wieder trennen, um sich neuerdings zu vereinigen. Zur Zeit, wo ich

dies schreibe, kennen wir die Ausdehnung des Sturmes nicht, aber wir wissen, dass er überall, wo er anstiess, mehr oder weniger Schaden angerichtet hat. Ich glaube, es hat nie eine bessere Gelegenheit gegeben, die Entstehung und das Fortschreiten eines Tornado zu beobachten, als ich sie heute hatte, und es wird sich vielleicht keine so gute darbieten während eines Menschenlebens. Ein vollkommener Sommertag, nicht der geringste Dunst; die Luft von einem leichten kühlenden Zephyr durchfurcht; die weite Prairie, in die wir auf Meilen hinausblicken konnten, ohne den geringsten Gegenstand, der die Aussicht verdeckte. Es thut mir leid, im Interesse der Wissenschaft, dass nicht Photogramme der Erscheinung in den verschiedenen Stadien ihres Entstehens aufgenommen worden. Obgleich die Rotationsbewegung so rapid war, blieb doch die fortschreitende Bewegung ganz langsam, noch etwas über die Zeit hinaus, wie sie hier vorbeikam. Nachher legte der Sturm 20 bis 30 Miles per Stunde zurück. Ich wünschte die wilde und wunderbare Scenerie beschreiben zu können: die seltsame Wolkenform; die zwei Kegel mit vereinigten Scheiteln; den Trichter, in dessen Mitte es kochte, was man für die schrecklichen Trümmer der Erdoberfläche halten konnte, die in der Sturmbahn lag; Gebäude und Bauhölzer Spielzeugen gleich. Und dann nur wenige Fuss von all dem ein heller Sommertag mit Sonnenschein und Vogelgezwitscher. Aber das ist ein Anblick, der sich nicht beschreiben lässt, man muss ihn gesehen haben, um ihn zu würdigen."

Ich will nun noch ein Beispiel anführen, aus dem Sie die Schrecken und Verwüstungen dieser rasenden Wirbelstürme ersehen mögen. Der 29. und 30. Mai 1879 waren in einigen nordamerikanischen Staaten verhängnissvoll wegen ihrer furchtbaren Tornados. Ich entnehme die Beschreibung eines Theiles des Barnard Tornado Finley's Originalbericht über die Tornados dieser Tage. Dieser Wirbel zog verwüstend und Entsetzen verbreitend am 29. Mai durch eine beträchtliche Strecke des Staates Missouri.

„Gegen 3^h p. m. sah man zwei Wolken sich erheben, die eine in Nordwest, die andere in Südwest, von ganz verschiedener Form und Erscheinung. Die erste war dunkler, schwarz und breiter, von glatter Oberfläche, deren Schwärze heftigen Regen anzeigte; die zweite war leichter und bot den Anblick von Rauchsäulen, wie wenn sie aus einem gewaltigen Kamine aufstiegen; man erkannte die Annäherung eines heftigen Sturmwindes. Diese zwei Wolken näherten sich einander, bis gerade zwischen ihnen Rauchwolken aufzusteigen schienen. Es herrschte starker Südwind und die Hitze war erdrückend. In wenigen Minuten zeigte sich genau an dem Platze, wo die Rauchsäule vorher erschien, die charakteristische trichterförmige Tornadowolke, der Wind ging in Südwest über und das Entsetzen erregende Geräusch des Tornados war deutlich zu hören. Der Trichter war zweifellos schon ausgebildet, ehe man ihn sah. Als man die Rauchsäule aufsteigen sah, war dies zweifellos eine

Wirkung der rollenden und wirbelnden Bewegung des oberen Theiles des Trichters. Als die Entfernung der Wolke etwa noch eine halbe englische Meile betrug, konnte man deutlich alle Arten Trümmer in der schreckenerregendsten Weise darin herumfliegen sehen, ein Anblick, welcher die ängstlichen Zuschauer fast erstarren machte. Das Haus M. Turner's erreichte der Trichter zwischen 4 und 5^h p. m., und im Augenblicke, als der Südwestwind dasselbe traf, war die Erschütterung und der Knall, wie wenn in der Nähe des Gebäudes eine gewaltige Kanone abgeschossen würde. Während der Verwüstung, welche fast in einem Augenblicke erfolgte, war das Gebäude und Alles ringsum in so schwarze wirbelnde Rauchmassen gehüllt, dass man sie ‚mit einem Messer hätte schneiden können'. Das Brausen des Sturmes war so betäubend und jedes andere Geräusch übertönend, dass man nicht einmal weder das Zusammenbrechen des Hauses, noch den Fall eines im Süden des Blockhauses, wo die Familie M. Turner's geflüchtet war, befindlichen grossen Baumes hörte. In diesem Blockhause kauerten aber die armen Leute in ängstlicher Erwartung ihres schrecklichen Geschickes. Mr. Turner sagt: ‚Keine Feder kann angenähert die Schreckensscene und das unbeschreibliche Entsetzen zugleich mit der völligen Vernichtung unserer körperlichen Kräfte schildern während der kurzen Dauer des Vorüberganges des Sturmes, die uns eine Ewigkeit schien.' Auf seiner weiteren Bahn erfasste der Tornado einen Knecht, der

auf der Flucht (Fig. 1) an der Ostseite eines Hauses heraustrat, und trug den 160 Pfund schweren Mann

Fig. 1.

Fig. 2.

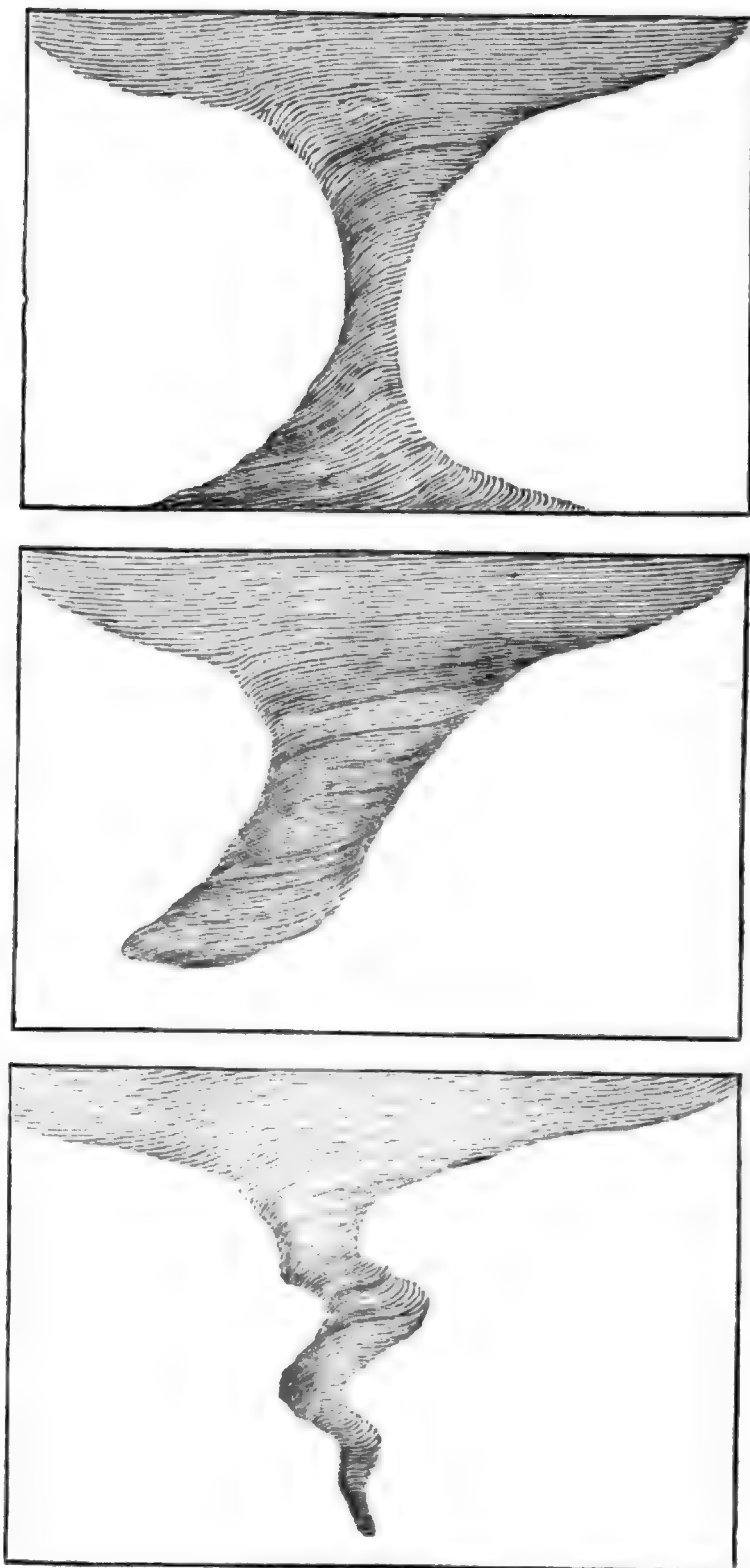
rings um das Haus über Nord nach Südwest 125 Yards weit, wo er ihn dann zwar unverletzt, aber ordentlich schwindelig fallen liess. Schlechter erging es einer

anderen fliehenden Familie am selben Tage, die vom Lee Summit-Tornado ergriffen wurde. Das Centrum des Tornados ging südlich vom Hause von Südwest gegen Südost vorüber. (Fig. 2.) Sie Alle wurden auf der Flucht vom Hause ergriffen und weit weggeschleudert. Das zuerst ergriffene Mädchen wurde todt aufgefunden, das zweite Mädchen und der Knabe wurden nicht ernstlich verletzt, die Mutter war an einen Baum geschleudert und blieb todt. Der Vater mit dem kleinen Kinde auf dem Arme, der schon in Sicherheit war, wurde verwirrt, verliess die rechte Bahn gegen Westen, kehrte um gegen Osten und wurde nun mitsammt dem Kinde mehrere hundert Yards weit getragen und beide blieben todt."

Haben Ihnen diese Beispiele einen genügend deutlichen Begriff von den entsetzlichen Verwüstungen eines Tornado gegeben, so ist doch aus denselben der Tornado als meteorologische Erscheinung nicht erschöpfend gekennzeichnet. Es erübrigt mir daher, den allgemeinen Verlauf der Bildung und des Zuges eines Tornados genau darzustellen.

Die Vorbedingung für die Entstehung eines Tornado ist warmes, wenn nicht heisses Wetter. Meist gehen mehrere Tage solchen Wetters mit Windstille voraus. Nähert sich dann von der einen Seite ein kalter Luftstrom, besonders wenn er durch Gebirgszüge gezwungen ist, über der warmen Luft eines ausgedehnten Flachlandes hinzufliessen, so ist der Ausbruch von Tornados mehr als wahrscheinlich. Zuerst sieht man dann eine dichte Wolke entstehen, die sich allmälig

Fig. 3.



trichterförmig zur Erde senkt (Figur 3). In diesem Trichter sieht man es wirbeln und bald bemerkt man, dass er die auf der Erde befindliche Luft in seine Kreise zieht; es hebt sich dann von der Erde ein umgekehrter Trichter, ein Kegel, und vereinigt sich mit dem von der Wolke sich herabsenkenden und nun tobt der Tornado in seiner ganzen Wuth. Die wirbelnde Bewegung wird bis zur rasendsten Geschwindigkeit gesteigert und gleichzeitig schreitet der ganze Wirbel über das Land hin. Die drehende Bewegung des Wirbels erreicht nur zu oft eine Geschwindigkeit, zu welcher kein anderer Sturm sich erhebt; die fortschreitende Geschwindigkeit des ganzen Tornado ist bald langsam, bald schnell, zwischen 8 und 120 Kilometer, im Mittel etwa 30 Kilometer per Stunde. Beim Herannahen des Phänomens hört man ein Tosen und Brausen beängstigender Art. Alles, was die drehende Bewegung erfasst, wird zerstört oder mitgerissen. Häuser von noch so fester Construction werden im Centrum eines Tornado demolirt, in der nächsten Nähe des Centrums auf ihren Fundamenten als Ganzes verschoben und gedreht. Die schwersten Gegenstände, wie Fichtenbäume, Scheunenthore, fliegen wie Buschwerk und Schindeln in der Höhe des Wirbels. Kommt das Centrum gerade über ein Haus weg, so entsteht im letzteren eine geradezu fürchterliche Explosion, in Folge der die Fenster und Thüren nach auswärts bersten und gar oft die Mauern selbst nach Aussen geworfen werden.

Der Durchmesser eines solchen Tornado ist meist nicht 1 Kilometer und die Länge seiner Bahn erreicht kaum je ein paar hundert Kilometer. Während die ganze Länge der Bahn eines Tornado etwa auf Kilometerbreite alle Arten von Zerstörung und Verwüstung aufweist, fühlt man in nächster Nähe davon nichts mehr von der vernichtenden Wuth des Sturmes, ja nicht einmal ein nennenswerther Wind ist bemerkbar. Meistens sind Tornados von Gewittern und Hagel oder heftigen Regen gefolgt, aber durchaus nicht immer. Ist der Tornado selbst mit Elektricität geladen, so wird der Anblick desselben durch die unheimliche Helligkeit und Gluth, die ihn zu durchdringen scheint, noch entsetzlicher. Sie ersehen hieraus, dass ein Tornado eine heftig gesteigerte Trombe unserer Gegenden ist. Ich habe das Hauptgewicht der Schilderung auf die Tornados gelegt, weil sie viel häufiger und besonders viel verwüstender auftreten und in Folge dessen besser beobachtet und untersucht werden als unsere mehr oder weniger harmlosen Tromben. Ich kann jedoch nicht umhin, zu erwähnen, dass auch in Europa unter besonders günstigen Verhältnissen Tromben sich ausbilden, die in Bezug auf ihre Heftigkeit und Verwüstung recht wohl ihren amerikanischen Vettern, den Tornados, vergleichbar sind. Dergleichen wurden in letzter Zeit mehrmals in Norwegen beobachtet.

Habe ich Sie so mit den Erscheinungen der Tromben und Tornados im Allgemeinen und im Besonderen mit ihren schrecklichen Verwüstungen

bekannt gemacht, so will ich jetzt zur Erklärung dieser ganz räthselhaften Phänomene vorzugehen suchen.

Schon als Knabe erinnere ich mich, an schönen sonnigen Sommertagen mit grossem Vergnügen dem Spiele der kleinen Staubwirbel auf den Strassen zugesehen zu haben. Sie haben dieselben wohl auch schon oft beobachtet, waren sich aber gewiss ebensowenig wie ich seinerzeit bewusst, in den dahinhuschenden Koboldchen im Wesentlichen Tornados zu beobachten, die Sie wohl oft mit Ihrem Stocke vertrieben oder vielmehr vernichteten. Zuweilen wachsen die Zwerge unter den Tornados etwas grösser und bilden manns-, ja haushohe Staubwirbel. Ist diese Erscheinung schon seltener und auch eindrucksvoller, so sind dergleichen kleine Sandhosen doch noch immer harmlos und man kann sich mit ihnen manchen Spass erlauben. Zuweilen versuchen sie es wohl, mit etwas bedrohlicher Miene aufzutreten, man sieht ihnen aber recht bald ihre kraftlose Aufgeblasenheit an. Eine sehr nette Beschreibung solch kleiner Tromben bei Bonn theilte Budde 1883 in der „Oesterreichischen meteorologischen Zeitschrift“ mit:

„Im Jahre 1872 ging ich über den Venusberg bei Bonn, ein Plateau, welches etwa 60 Meter über dem Rheinthal liegt und an der uns interessirenden Stelle sehr nahe horizontal ist. Die Temperatur war für die Jahreszeit hoch (ich schätzte sie auf etwas über 20 Grad C.), die Luft beinahe bewegungslos, der Himmel leicht verschleiert. Wenige Schritte von mei-

nem Wege entfernt ertönte plötzlich ein schnarchendes Geräusch. Gerade als ich mich anschickte, ihm nachzugehen, erklang unmittelbar vor mir ein ganz ähnlicher Ton und wurde schnell so laut, dass er wohl auf 100 Meter Entfernung deutlich vernehmbar gewesen sein würde. Er kam vom Boden her, und zugleich trat dort eine stark wirbelnde, aber auf einen engen Raum beschränkte Bewegung auf: es sah ganz so aus, als ob in einem Kreise von etwa 25 Centimeter Durchmesser eine unsichtbare Zunge am Boden umherleckte; die leichte Staubdecke des Weges wurde aufwärts gefegt, und wenn eine heftigere Luftbewegung den Boden vollständig kahl scheuerte, ertönte jedesmal ein lauter schnarchender Schall. Unmittelbar nachdem der centrale Wirbel so begonnen hatte, seine Thätigkeit an der Erdoberfläche fühlbar zu machen, fingen Staub und welke Blätter in einem Umkreise von etwa 0·5 Meter Radius an, sich im Kreise um das Centrum zu drehen, hoben sich in die Luft, wurden erst langsamer, dann schneller nach der Mitte des Wirbels gezogen und stiegen dort, eine unregelmässige Säule bildend, in die Höhe. Etwa 20 Centimeter über dem Boden lag die engste Stelle dieser Säule, die ich auf $^1/_3$ Meter Durchmesser schätzte, nach oben erweiterte sie sich wieder, aber nicht stark. Das Phänomen dauerte kaum eine Minute, bis ich es (s. unten) unterbrach, und bewegte sich während dieser Zeit in einer unregelmässigen Bahn, so langsam, dass ich ihm gehend folgen konnte, vor mir her. Es verliess bald den

gebahnten Weg, auf dem es sich zuerst gezeigt hatte, und kam dadurch an eine freie Stelle, wo zahlreiche welke Blätter lagen; diese wurden emporgerissen, und nach einer Zeit, die ich auf $^1/_3$ Minute schätze, hatte ich schon eine stattliche Blättersäule von reichlich 50 Meter Höhe vor mir, deren Durchmesser in der Höhe von 4 bis 5 Meter betragen mochte. Beim Fortschreiten blieb indessen die Trombe nicht in continuirlicher Berührung mit dem Boden, sondern hob sich drei- bis viermal auf meterlange Strecken von der Erde ab; das untere Ende der Blättersäule stieg dabei um $^1/_2$ bis $^2/_3$ Meter in die Höhe und bewegte sich, wie vorher, in horizontaler Richtung langsam weiter. Der Fuss des Wirbels stieg dann, unsichtbar wegen mangelnder Blätter, wieder abwärts, berührte den Boden aufs Neue und frische Blätter wurden in seinen Bereich gezogen. Nimmt man an, die Wirbelbewegung habe, um unsichtbar herabzusteigen, etwa ebensoviel Zeit gebraucht, wie sie verwendete, um mit Blättern beladen emporzugehen, so würde sie sich nach dem Obigen um etwa $^1/_4$ bis $^1/_6$ Meter vom Boden entfernt haben.

Ich versuchte nun, die Trombe zu unterbrechen; da ich nichts Anderes zur Hand hatte, zog ich meinen Rock aus, spannte ihn rasch zwischen den Händen und hielt ihn in Schulterhöhe mitten in den Blätterwirbel hinein. Ich selbst verspürte an dem Hinderniss keine besondere Kraftentwicklung; der Wirbel unterhalb des Rockes hörte aber nach wenigen Drehungen

auf zu existiren; oberhalb dagegen stieg die vorhandene Blättersäule weiter. Sie erhob sich wirbelnd immer höher, und ich verlor die Blätter in einer Höhe von mehreren hundert Metern aus dem Gesicht, wo sie von einem leisen Winde nach Südost getrieben wurden. Am Boden war das Aufhören der Trombe endgiltig; sie hat die Erde nicht wieder berührt.

Ich hatte inzwischen den Wirbel, dessen Schnarchen im Eingang erwähnt wurde, ausser Beachtung gelassen, sah aber jetzt über dem Orte, wo ich ihn gehört, eine Blättersäule stehen, die sich, ganz wie die oben näher beschriebene, in grosser Höhe verlor. Den Boden berührte auch er nicht mehr, nachdem ich ihm meine Aufmerksamkeit zuwenden konnte. Ich wartete und sah binnen 10 Minuten noch zwei weitere Blätterwirbel in meiner Nähe aufsteigen; sie dauerten aber weniger lange, und ich konnte ihnen nicht unmittelbar nahe kommen.“

Bedeutend bedenklicher werden diese Sandwirbel oder Sandhosen in der Wüste, sie erreichen dort zuweilen eine für reisende Karawanen verhängnissvolle Grösse und Stärke.

Doch ich wollte Ihnen ja die Erklärung der Entstehung und des Verlaufes der Tromben geben. Ich glaube durch Zurückführung Ihrer vielleicht zu erregten Vorstellungen über die amerikanischen Tornados auf einfache Staubwirbel in der That schon eine Art Erklärung gegeben zu haben: Tromben und Tornados sind im Wesentlichen das Gleiche wie Staubwirbel.

Wissen wir auch durch diese Erkenntniss nicht zur Erklärung der Entstehung und des Wesens dieser Wirbel überhaupt vorzudringen, so ist es immerhin eine Beruhigung, die fürchterlichen Drehstürme, deren Erscheinung absolut räthselhaft blieb, auf einfachere Fälle kleiner Sandwirbel zurückgeführt zu haben, indem wir so hoffen können, leichter einen Einblick in das Wesen der Erscheinung zu erlangen.

Leider kann ich Ihnen diesen tiefern Einblick in das Wesen der Tromben und Tornados nur durch eine Hypothese verschaffen, aber durch eine ebenso der objectiven Wirklichkeit Rechnung tragende als auf gründlichere Kenntniss und Auffassung der Gesetze der Luftbewegungen beruhende; ich nenne sie die Ferrel'sche Hypothese, da sie in ihren Hauptzügen und wichtigsten Details von dem berühmten amerikanischen Meteorologen Ferrel aufgestellt worden ist.

Ueber die Vorbedingungen eines Tornado, einer Trombe oder eines Staubwirbels entscheidet die Beobachtung. Ganz regelmässig erscheinen diese Gäste nur bei andauernder Wärme. Es ist daher eine Vorbedingung für ihr Entstehen, dass entweder durch die Kraft der Sonnenstrahlen die Erde und die untere Luft sehr stark erwärmt werden, oder dass ein warmer Wind einestheils die Wärme zuführe und dabei andererntheils von den Sonnenstrahlen bei der Erwärmung unterstützt wird.

Sehen Sie sich nun die Staubwirbel der Strasse und speciell die oben von Budde beschriebenen an.

Ihre Entstehung verdanken sie stets der Erwärmung der Strasse durch die Sonne. Es gehört nun aber noch eine zweite Bedingung dazu, damit sich ein Staubwirbel oder eine Trombe entwickeln könne: es muss die untere Luft so stark erwärmt sein, dass, wenn sie keinem Zwange unterworfen ist, sie mit einem Male in eine höhere Luftschichte aufsteigen würde. Es ist nämlich ein unnatürlicher Zwang, der einer stark erwärmten Luftschichte auferlegt wird, wenn sie verhindert wird, in die Höhe zu steigen, da sie durch die Erwärmung specifisch leichter wird und daher bis zu einer solchen Stelle in der Atmosphäre aufsteigen will, wo ebenso leichte Luft sich in Folge der natürlichen Lagerung der Luftschichten befindet. Ist eine Luftmasse eine Zeit lang diesem Zwange unterworfen, so kann die Situation so recht im eigentlichen Sinne für gespannt erklärt werden. Findet dann endlich an einer Stelle die untere stark erhitzte Luft einen Ausweg nach oben, so strömt plötzlich die ganze überhitzte Luftmasse von allen Seiten dieser Stelle zu und entweicht nach oben. Bei diesem Einströmen von allen Seiten muss sich nun eine wirbelnde Bewegung bilden und hiemit ist im Wesentlichen die Trombe hergestellt.

Denken Sie sich nun auf einer von den Sonnenstrahlen stark erhitzten Strasse eine Stelle, wo die unterste stark erhitzte Luftschichte eine Zeitlang am Aufsteigen verhindert wird, so wird im Augenblicke, wo sie einen Ausweg nach oben findet, ein Staubwirbel ent-

stehen. Seine Grösse und Dauer hängt offenbar von der Dicke der überhitzten Luftschichte und von der horizontalen Ausdehnung derselben ab. Ist die Dicke und Ausdehnung dieser Luftschichte gering, so wird ein kleiner, kurzdauernder Strassenwirbel entstehen, ist die Ausdehnung und Schichtendicke grösser, so werden Sandwirbel grösserer Art, etwa wie die von Budde beschriebenen, sich bilden, bei noch beträchtlicherer horizontaler und verticaler Grösse dieser Schichte werden sich Sandhosen und Wüstenwirbel entwickeln. Immer kann die Erscheinung nur so mächtig sein, als die überhitzte Luftmasse es gestattet, und nur so lange dauern, bis diese ganze Luftmasse in jene Höhe aufgestiegen, wo sie vermöge der natürlichen Schichtung der Luft hingehört, denn da ist sie dann im Gleichgewichte und hat keinen Grund mehr weiter aufzusteigen.

Die Kraft und Gewalt eines solchen Wirbels hängt davon ab, wie gross die Höhe ist, in welcher die überhitzte Luft aufsteigen muss, um ins Gleichgewicht zu kommen. Stellen Sie sich vor, dass an der Stelle, wo sich ein Ausweg für diese Luft nach oben gefunden, die letztere mit einem Rucke in eine bestimmte Höhe versetzt würde; es entsteht da, wo die Luft weggenommen, ein luftverdünnter Raum, der um so weniger rasch gefüllt werden kann, je höher die Luft entführt worden, die früher dort sich befand, und da die nachströmende gleich warme Luft mit gleicher Gewalt bis in dieselbe Höhe aufzusteigen trachtet, so sehen Sie

leicht ein, dass von der Grösse dieser Höhe, wo die Luft dann wieder ihre Ruhe findet, die Gewalt abhängt, mit welcher die untere Luft zuströmt.

Vermehrt wird diese Gewalt noch durch die rotirende Bewegung des Wirbels. Indem die Luft gezwungen wird, in einer Spirale dem Centrum zuzufliessen, erhält sie in Folge dieser Kreisbahn eine um so stärkere Fliehkraft nach aussen, je rascher die wirbelnde Bewegung ist. Dadurch aber wird im Centrum eine noch stärkere Luftverdünnung erzeugt, und die schliesslich da hinein stürzende Luft wird mit um so grösserer Gewalt in die Höhe gerissen.

Die kleinen Staub- und Sandwirbel, die Sandhosen und auch noch die Wüstenwirbel finden auf diese Weise wohl ihre genügende Erklärung. Um für die Tromben und Tornados, auch die heftigsten, einen voll und ganz genügenden Grund zu finden, müssen wir zunächst unsere Betrachtung ausdehnen auf den Fall feuchtwarmer Luft.

Wenn trockene Luft in die Höhe steigt, so kühlt sie sich für je 100 Meter, die sie sich erhebt, um 1 Grad C. ab; steigt feuchte, mit Wasserdampf gesättigte Luft in die Höhe, so kühlt sie sich erst nach einer Erhebung von 200 Meter um 1 Grad C. ab. Die Höhe, bis zu welcher warme feuchte Luft aufsteigen muss, um zur Ruhe zu kommen, ist also gerade doppelt so gross als die für trockene warme Luft; und da von dieser Höhe, wie oben bemerkt, die Gewalt des Tornado oder der Trombe grossentheils abhängt, so ist es einleuchtend,

dass zur Entstehung der gewaltigen Wirbel, die wir oben kennen lernten, feuchte Luft nöthig ist. Uebrigens zeigt die Wolkenbildung, die dabei auftritt, dass die aufsteigende Luft sehr feucht ist; denn diese Wolken entstehen durch die Condensation der Wasserdämpfe, welche die aufsteigende Luft in die Höhe führt. Hier sei auch bemerkt, dass das scheinbare Niedersinken des Trichters aus der Tornadowolke nur davon herkommt, dass die im aufsteigenden Luftstrome sich condensirenden Wassertröpfchen an immer tieferen Stellen sich bilden müssen.

Ferrel hat aber noch eine zweite Bemerkung gemacht, welche nicht nur zur Erklärung der Tornados, sondern auch der Cyklonen von höchster Wichtigkeit ist. Ferrel glaubt nämlich nicht, dass jemals auf einem so ausgedehnten Gebiete, wie es zur Bildung der heftigen Tornados von grösserer Lebensdauer nothwendig ist, durch Sonnenstrahlung allein ein solcher unnatürlicher Zustand in der Lagerung der Luftschichten eintreten könne, der die Vorbedingung der ganzen Erscheinung ist. Er meint deshalb annehmen zu müssen, dass dabei diese Vorbedingung hauptsächlich dadurch mitgeschaffen wird, dass ein warmer Luftstrom gezwungen ist, unter einem kalten, vielleicht in entgegengesetzter Richtung, hinzufliessen. Die Thatsachen haben auch erwiesen, dass dies der Fall ist. Besonders günstig gelegen für das Eintreten dieser Bedingung sind jene Gegenden, welche gegen ein warmes Meer hin eine weite offene Ebene dar-

bieten, während den kalten, von der entgegengesetzten Seite kommenden Luftströmen ein hoher Wall von Gebirgen den unmittelbaren Zutritt zur Ebene wehrt. Da wird nun der Fall häufig eintreten, dass der feuchte warme Luftstrom vom Meere herein die Ebene überfluthet und von den Sonnenstrahlen zu noch grösserer Wärme erhitzt wird, während oben über den Gebirgskamm her ein kalter Luftstrom sich darüber lagert. Die Ausgleichung dieser unnatürlichen Lage geht unter dem Schrecken und dem Toben von Tornados vor sich. Die weite amerikanische Ebene im Osten des Felsengebirges ist denn auch die eigentliche Heimat der Tornados.

Wir haben bei der Erklärung der Entstehung und Entwicklung der Tornados auf die Elektricität gar nicht einmal hingedeutet. Ich glaube aber, dass dies nicht mehr als billig ist. Eine Wirbelbewegung ist eine dynamische Erscheinung in der Luft, sie gehört zur Mechanik der Luft und so lange man mit den Principien der Mechanik der Luft ausreicht sie zu erklären, braucht man nicht zur Elektricität seine Zuflucht zu nehmen. Wir halten daher alle Erklärungsversuche der Tromben und Tornados, welche auf die Elektricität der Luft ihre Begründung aufbauen, für gänzlich verfehlt. Es ist ja wahr, dass bei Tornados elektrische Erscheinungen auftreten, aber erstens nicht immer und zweitens stärker, ja fast ausschliesslich im Rücken des Tornado. Die elektrischen Erscheinungen sind eine Folgewirkung des Tornado und nicht

seine Ursache. Im Tornado selbst, d. h. im Wirbel fällt auch nie ein Tropfen Regen, was ja selbstverständlich, da nicht nur Regentropfen darin aufwärts gerissen, werden, sondern ganze Bäume und Eisenstangen. Hinter dem Tornado entladet sich aber öfters (nicht immer) ein Gewitter mit heftigem Regen.

Das Getöse, der unheimliche Lärm und die Explosion, die man im Tornado vernimmt, erklären sich auch auf mechanische Weise. Denken Sie an die schnarchenden Töne, die Budde beim Entstehen der kleinen Staubwirbel vernahm. So oft die Luft in einen luftverdünnten Raum mit Gewalt einströmt, gibt es ein Getöse, dessen Heftigkeit freilich recht verschieden ist, je nach der Verdünnung des Raumes; bei Tornados jedenfalls unvergleichlich heftiger als das Schnarchen der kleinen Staubwirbel. Ebenso muss die Reibung der Luft, die in unerhörter Sturmgeschwindigkeit rotirt, besonders an den Balken, Bäumen und grossen Trümmern, die in der Höhe des Wirbels mitgerissen werden, ein durchdringendes, weithin hörbares unheimliches Brausen hervorrufen. Endlich ist es leicht verständlich, dass wenn das Centrum des Wirbels, das ja einen sehr luftverdünnten Raum darstellt, über einem Hause hinzieht, die im Hause eingeschlossene Luft mit solcher Gewalt aspirirt wird, dass eine heftige Explosion erfolgt, bei welcher Fenster und Thüren und häufig auch Mauern nach auswärts geworfen werden.

Es erübrigt nur mehr die Erklärung der fortschreitenden Bewegung der Tornados, Tromben und

Trömbchen. Ferrel meint, dass diese daher rühre, dass die obere Luftströmung einfach den ganzen Wirbel mit sich weiter führe, woraus das Vorgeneigtsein des oberen Wirbeltheiles der Tromben und Tornados auch erklärlich wäre.

Man hat öfters versucht, besonders bei der fortschreitenden Bewegung der Cyklonen, bessere Erklärungen zu geben, es ist aber meiner Ansicht nach noch nicht gelungen. Jedenfalls ist die Ferrel'sche Ansicht insoweit richtig, dass sie eine Theilursache dieses Fortschreitens angibt.

Und nun schliesse ich. Ich habe Ihnen wieder an einem Beispiele gezeigt, wie die Natur zur Hervorbringung der grossartigsten Phänomene sich so einfacher Mittel bedient wie beim Spiele lieblicher Erscheinungen. Sie haben gesehen, dass im Wesentlichen die kleinen Staubwirbel auf der Strasse, die uns zum Scherze geschaffen scheinen, gleicher Natur sind wie der Schrecken und Verwüstung verbreitende Tornado, der uns an Hab und Gut, ja selbst am Leben bedroht. In allen Formen, als Staubwirbel, Sandhose, Wasserhose, Trombe und Tornado, ja selbst in der grossen Cyklone erkennen wir immer das gleiche Walten eines einfachen Naturgesetzes.

Ueber das Stehen und Gehen.

Von

Dr. EDUARD ALBERT,

o. ö. Professor für praktische Chirurgie und Klinik an der Universität in Wien.

Vortrag, gehalten den 18. November 1885.

(Mit Demonstrationen.)

Ich war noch Student, als der bekannte, schon vor Jahren verstorbene Dichter Bogumil Goltz hier in Wien einige öffentliche Vorlesungen oder vielmehr Causerien hielt. Niemand, der den lebhaften, geistvollen, gemüthstiefen Mann gesehen, wird ihn und seine Art vorzutragen vergessen. Ich merkte mir unter anderen eindrucksvollen Sprüchen insbesondere einen, den der damals schon recht bejahrte Mann mit einem grossen Aerger vorbrachte. Er lautete beiläufig: „Ich muss mich immer ärgern, wenn die Menschen sich über etwas Seltenes, Unerhörtes wundern; sie sollen sich über das Alltäglichste wundern; da gibt es Wunder. Ist es nicht ein Wunder, dass ich eine Frau, ein Kind habe? Gibt es da nichts zum Nachdenken, zum Wundern?"

Diesen Ausspruch möchte ich als Empfehlung des heutigen Themas voranschicken. Es gibt doch nichts Gewöhnlicheres als das Stehen und Gehen. Ein einjähriges Kind lernt es, man weiss gar nicht wie, von selbst.

Es handelt sich hier auch nicht um das Können, sondern um das Verstehen.

In den ersten Monaten des Lebens kann ein Kind nicht einmal den Kopf halten. Welche Leistungen sind nun dazu nothwendig?

Die berühmten Naturforscher Gebrüder Weber haben an einer Leiche den Kopf aus seiner Verbindung mit dem Halse ausgelöst. Die Weichtheile, d. h. Haut Muskeln, Adern u. s. w. wurden wie beim Halsabschneiden einfach durchgeschnitten, der knöcherne Zusammenhang des Kopfes mit der Wirbelsäule aber kunstvoll getrennt. Dieser Zusammenhang ist ein gelenkiger. Der Hinterhauptsknochen trägt nämlich an seinem untersten Theile zwei kleine Zapfen, die an ihren unteren Flächen convex und mit Knorpel überzogen sind. Diese überknorpelten convexen Flächen sind eingelassen oder eingesetzt in ganz gleiche concave und überknorpelte Flächen, welche der obere Gelenkfortsatz des ersten Halswirbels an seiner oberen Fläche trägt und den Gelenkszapfen des Hinterhauptes entgegenbringt oder entgegenstreckt. Es besteht also hier zwischen dem Kopfe und dem Halse jederseits, d. h. rechts und links ein Gelenk. Dieses Gelenk muss also kunstvoll durchgetrennt werden, wenn man den Kopf vom Halse abtrennen will. Wenn wir mit dem Kopfe nicken, so bewegt er sich eben in diesem Gelenke.

So ausgelöst, wurde der Kopf auf zwei dünne Säulchen aufgestellt. Die Säulchen standen nebeneinander wie zwei Kerzen, und zwar so weit auseinander, wie die zwei überknorpelten Zapfen des Hinterhauptes voneinander entfernt sind. An ihrem oberen Ende

waren die Säulchen nicht zugespitzt, sondern eben. Nun wurde der Kopf mit den Zapfen auf die Säulchen aufgestellt. Da die Zapfen convex, die Säulchen oben eben waren, so berührten die Zapfen des Hinterhauptes die stützenden Säulchen nur in äusserst geringer Ausdehnung. Und doch fiel der Kopf nicht um; er blieb stehen. Es gibt also für den Kopf eine gewisse Gleichgewichtslage, wo gar kein Muskel nöthig ist, um ihn zu halten. Er steht an und für sich, wie etwa ein Fingerhut, den wir mit seiner zugerundeten Endfläche auf einen Tisch aufstellen. Ein leichter, ein leisester Ruck, den die Brüder Weber dem Kopfe von hinten gaben, machte diesen überstürzen; derselbe fiel von den Säulchen hinab.

Auch beim lebenden Menschen gibt es also eine gewisse Stellung, wo er gar keine Muskeln braucht, um den Kopf ruhig zu halten; aber ein leichtes Schwanken und der Kopf fällt aus dieser Gleichgewichtslage um. Von hinten braucht es nur eines leichten Antupfens, um ihn nach vorne zu stürzen. Es bedarf also vor Allem einer Kraft, die am Kopf hinten angreift und nach rückwärts zieht, damit der Kopf nicht nach vorne überstürze. Diese Kraft leisten die Nackenmuskeln, jene fleischigen Wülste, die hinten am Nacken zu beiden Seiten der Mittellinie ziehen und zwischen sich die Nackengrube fassen, die um so tiefer, je muskulöser der Mensch ist.

Was geschieht, wenn diese Muskeln gelähmt sind?

Ich will darüber eine sehr kurze Geschichte erzählen. Vor etwa 15 Jahren, als ich v. Dumreicher's Assistent war, kam auf die Klinik ein den ärmsten Ständen angehöriges, abgemagertes, blutarmes Mädchen, welches den Kopf so trug, dass das Kinn auf dem Brustblatte aufruhte. Man braucht diese Stellung nur einen Augenblick nachzumachen, um einzusehen, wie das Mädchen die Augen aufwärts rollen musste, um gerade vor sich blicken zu können. Demgemäss war ihr Nacken, statt concav zu sein, nach hinten convex. Ich fasste das Mädchen beiderseits am untern Unterkieferrande und hob so den Kopf langsam von unten hinauf in die Höhe. „Nur nicht auslassen, bitte, bitte, Acht zu geben?“ wimmerte mir das arme Geschöpf entgegen und bemerkte, der Kopf würde, wenn ich ihn ausliesse, sofort mit Wucht nach vorne überstürzen. Als ich den Kopf einigermassen emporgehoben, bot sich mir ein höchst überraschender Anblick dar. An jener Stelle, wo das Kinn dem Brustblatte auflag, war ein beinahe vierkreuzerstückgrosses Geschwür da; das Kinn hatte sich so eingedrückt, dass hier die Haut über dem Brustblatte wund wurde und eiterte, gerade so wie bei jenen Menschen, die lange Zeit am Rücken liegen müssen, unter Umständen die Haut am Kreuz wund wird und eitert; „sie liegen sich auf“, sagt man. Das arme Mädchen war kurzsichtig und verdiente sein Brot mit Nähen. Es musste also immer den Kopf stark nach vorne neigen, um bei der Arbeit gut zu sehen. Dadurch ist der Nacken aber so nach hinten convex geworden, dass die

Nackenmuskeln Monate und Monate lang in passiver Dehnung und Unthätigkeit sich befanden. Sie erlahmten; es trat auch in Folge dessen ein Schwund derselben ein. Dem entsprechend gab es auch im Nacken keine Muskelwülste mehr, daher auch nicht jene Grube, die in der Mitte des Nackens herabzieht; denn wo es keine Berge gibt, gibt es auch keine Thäler. Das Mädchen wurde geheilt, indem wir ihr zunächst eine hohe Cravatte aus Pappendeckel gaben, welche das Ueberstürzen des Kopfes nach vorne hinderte; die Muskeln konnten sich erholen. Durch fleissiges Elektrisiren wurde sie so gestärkt, dass sie ihre alte Kraft wieder erlangten; sie wuchsen zusehends, wie die Muskeln eines Turners in die Dicke wachsen, das Mädchen konnte den Kopf frei halten und wurde mit einer entsprechenden Brille entlassen, um ihre Kurzsichtigkeit zu corrigiren. Diese Geschichte ist erzählt worden, um zu zeigen, wie das heutige Thema zu verstehen sei.

Jetzt können wir sagen, was das kleine Kind versucht und macht, wenn es seinen Kopf aufrecht halten lernt. Es lernt seine Nackenmuskeln gebrauchen.

Bei diesen Worten müssen wir eine kleine Pause machen! Im vorigen Jahre hatte ich das Vergnügen, vor Ihnen einige Vorstellungen über Knochen und Gelenke zu entwickeln. Die Knochen sind dasjenige, was bewegt wird. Die Knochen sind derart zusammengefügt, dass sie sich in den Gelenken bewegen, so wie sich die Thüre in den Angeln, die Muschel in ihrem Schloss, das Portemonnaie in seinem Charniere bewegt. Die

Muskeln sind dasjenige, was die Knochen in ihren Gelenken bewegt.

Muskeln und Fleisch ist dasselbe. Das rothe Fleisch, das wir kochen, nennt der Anatom Muskel. Schon die Anatomie des Fleischhauers und der Köchin zeigt, wie verschiedenartig geformt und gefasert das Fleisch ist. Denken wir an den einfachen Fall der Muschel. Zwischen ihren beiden Schalen ist am Schloss, d. i. am Gelenke, ein Muskel vorhanden, der, wenn er sich zusammenzieht, die beiden Schalen zusammenklappt. Da ist die Aufgabe sehr einfach; die Bewegung ist so einfach wie das Zuschlagen eines Buches.

Denken wir aber an die Gliederpuppe eines Kindertheaters! Die Beine sollen zum Gehen, Ausschreiten, Tanzen, Hüpfen, — die Arme zum Fassen, Ausstrecken, Gesticuliren bewegt werden. Wie viel Schnüre und Schnürchen müssen da um die Glieder der Puppe angelegt und gespannt werden und in der Hand des kundigen Theaterdirectors zusammenlaufen!

Und nun stellen wir uns den Blondin vor, wie er in vierstöckiger Höhe auf dem Seile balancirt. Wie viel Muskeln, und mit welcher Präcision müssen sie arbeiten, um diese auf dem Seile dahingehende Puppe nicht einen Augenblick wanken zu lassen.

Die Gliederpuppe auf dem Kindertheater dirigirt ein Mensch. Wer dirigirt aber Blondin auf seinem Seile? Auch ein Mensch! Blondin selbst.

Der Mensch regulirt sich selbst. Zu allen seinen Muskeln laufen Nerven. Die Nerven kommen im Gehirn

zusammen. Das ist das Centralbureau oder das Hauptquartier. Wie eine Armee vom Hauptquartier aus dirigirt wird und nicht von aussen, so dirigirt der Mensch aus sich selbst heraus seine Muskulatur. Mit Ausnahme gewisser Bewegungen, wie z. B. der Herzbewegungen, die unwillkürlicher Weise vor sich gehen, wie Ebbe und Fluth des Meeres, wie Tag und Nacht, bewegt der Mensch sich willkürlich. Es ist also Geist, Wille darin. Und das wird nur erlernt. Der Geist entwickelt sich. Gerade die erlernten Bewegungen sind ein wesentliches Element des Geisteslebens.

Da lernt also das Kind zuerst seinen Kopf aufrecht zu halten!

In den nächsten Monaten lernt nun das Kind sitzen. Sehen wir ein auf dem Tische sitzendes Kind an, so unterscheidet sich seine Körperhaltung wesentlich von jener des Erwachsenen. Man muss hiebei die Aufmerksamkeit auf die Wirbelsäule, in welcher der ganze Stamm seinen Halt hat, richten. Wenn der Erwachsene auf einem etwas niedrigeren Sessel sitzt, so sehen wir seine Lende stark eingebogen, so dass sie nach hinten concav ist. Bei einem Kinde, welches noch ein Anfänger im Sitzen ist, finden wir hingegen, dass seine Wirbelsäule gradlinig, wie ein Stab verlauft; nur der Nacken ist nach vorne eingebogen, weil das Kind bereits gelernt hat den Kopf zu tragen und jene Einbiegung des Nackens dem Kopfe eine Ruhelage sichert, bei welcher nur wenig Muskelkraft angewendet zu werden braucht. Ahmen wir die geradlinige Haltung

der Wirbelsäule nach, so finden wir, dass eine gewisse Anstrengung hiezu nöthig ist. Darum kugeln die Kinder auch anfangs leicht um. Hat jedoch das Kind einige Uebung im Sitzen, so findet man, dass es bereits die Lende einbiegt. Eine nächste Folge davon ist die, dass der Rücken sich nach hinten ausbiegen muss. Die Wirbelsäule zeigt dann drei Biegungen: der Nacken und die Lende, also der oberste und der unterste Theil sind nach vorne, aber der Rücken, also der mittlere Theil, ist nach hinten ausgebogen. Die Gestalt der Wirbelsäule ist also ähnlich einem langgezogenen *S*, dessen unteres Ende noch nach vorne vorgebogen wäre; man sagt auch, ihre Krümmung sei schlangenförmig.

Diese Gestalt der Wirbelsäule wird sofort prononcirter, sobald das Kind zu gehen anfängt; sofort wird die Lende stark nach vorne eingebogen. Durch das Gehen wird diese Gestalt zu einer definitiven.

Welches ist die Bedeutung dieser Haltung der Wirbelsäule? Die Antwort lautet: In dieser Stellung aufgerichtet, ist die Wirbelsäule in sich selbst festgestellt.

Um diesen Ausdruck durch ein Bild klarer zu machen, denke man sich eine schwach *S*-förmige Feder, die mit ihrem unteren Ende auf einer Unterlage befestigt ist; vom oberen freien Ende geht ein Faden herunter, der ein Gewichtchen trägt. So lange die Belastung eine solche ist, dass sie noch mit federndem Widerstande aufgenommen wird, so lange bleibt die Feder in ihrer Haltung und Gestalt und selbst kleine

Verrückungen des Schwerpunktes ändern nichts an dem Verhältnisse. Aehnliches besteht an der Wirbelsäule. So lange hier die Schwerlinie hinter die unteren Lendenwirbel fällt, drückt der ganze obere Theil der Wirbelsäule nach unten und hinten, bis der nach vorne vorgebogene Abschnitt in elastischer Spannung ist. Die Lendenwirbelsäule trägt dann die Schwere des Rumpfes nach einem Vergleiche Mayer's so, wie die sogenannte Schwanenhalsfeder den Kasten der Kutsche trägt. Die Wirbelsäule setzt sich nach unten in das Kreuzbein fort; das Kreuzbein ist aber fest zwischen die beiden Darmbeine eingefügt. Man kann also sagen, dass das Becken und die Wirbelsäule ein Ganzes bilden, denn der unterste Lendenwirbel zeigt gegen das Kreuzbein eine sehr geringe Beweglichkeit. Dieses Ganze besteht also aus einem starren Theil, dem Becken, und einem biegsamen, der Wirbelsäule; jede Stellungsveränderung, die das Becken eingeht, muss demnach auf die Stellung der Wirbelsäule sofort Einfluss nehmen. Um in unserem früheren Vergleiche fortzufahren, denken wir uns die schwach *S*-förmige Feder mit ihrem unteren Ende auf einem Würfel festgenagelt; wenn der Würfel nach vorne oder hinten geneigt wird, wird die Feder, an deren oberem Ende eine an einem Faden befestigte Kugel hängt, Gestaltsveränderungen annehmen, da die Kugel in verschiedenen Richtungen an der Feder ziehen wird.

Nun können wir eine Frage aufwerfen! Wenn durch die verschiedene Neigung der Unterlage die

durch ein hängendes Gewichtchen belastete Feder verschiedene Krümmung annehmen kann, wie könnte man dieser Gestaltsveränderung entgegenarbeiten? Offenbar durch Züge, die an der Feder so angebracht wären, dass sie der veränderten Richtung der Belastung entgegenwirken würden. Eine solche Einrichtung stellen nun die Muskeln der Wirbelsäule vor. Wenn das Becken in verschiedene Stellungen geräth und die darauf befestigte federnde Wirbelsäule entsprechend folgen muss, so können wir durch Wirkung der Muskulatur dieser Consequenz entgegenarbeiten. Mit anderen Worten: wir können mittelst gewisser Muskeln die Wirbelsäule so bewegen, dass der Schwerpunkt des Rumpfes innerhalb gewisser Grenzen willkürlich verrückt wird.

Dieser Moment erklärt uns, wie wir bei verschiedener Neigung des Beckens sitzen können. Man muss dabei von jeder Lehne und jeder Beinstütze absehen und sich blos ein Sitzbrett denken, welches entweder nach vorne oder nach hinten geneigt ist; ist es nach vorne geneigt, so werden wir unsere Wirbelsäule so ausbiegen und nach hinten bewegen, dass der Schwerpunkt weiter nach rückwärts kommt; ist das Brett nach hinten geneigt, so verrücken wir ihn nach vorwärts. — Um nun das Stehen zu begreifen, müssen wir den Mechanismus des Beines erörtern.

Denken wir uns den Fuss aus dem Knöchelgelenke ausgelöst und auf die Sohle aufgestellt, so steht er ohneweiters fest. Der Fuss ist ja, für sich betrachtet, ein Gewölbe. Die Bausteine dieses Gewölbes sind die

Fussknochen. Betrachten wir einen skeletirten Fuss, der auf die Sohle hingestellt wird, so stützt er sich hauptsächlich auf drei Punkte: auf das Fersenbein hinten, auf das Köpfchen des ersten Mittelfussknochens (das am nicht skeletirten Fusse von den Weichtheilen des Ballens der grossen Zehen überkleidet, überpolstert ist) vorne, und auf den fünften Mittelfussknochen seitwärts. Die innere Seite des Fusses bildet einen in der Luft ziehenden Bogen. Von der Innenseite her betrachtet, erscheint das Fussskelet in der That wie ein Nischengewölbe. An einem tadellos schönen Fusse soll dieses Gewölbe so viel Raum bergen, dass ein kleines Vögelein darin Platz hätte. Beim Plattfüssigen verschwindet dieses Gewölbe; der ganze Fuss berührt den Boden. Die Neger sind alle plattfüssig. Wenn ein Neger im Sande geht, so drückt sich seine ganze Fusssohle im Sande ab; man kann also seine Spur gut verfolgen. Chinesische Damen haben hingegen ein sehr hohes Fussgewölbe.

Denken wir uns nun ein Gewölbe und auf die Kuppel desselben eine Säule aufgebaut. Gerade so steht der Unterschenkel auf dem Fussgewölbe; nur ist er nicht auf dem Gewölbe fixirt, sondern in beweglicher Weise angebracht, also eine schwanke Säule. So lange der Fuss selbst feststeht, kann diese Säule nur nach vorne oder hinten umfallen; gegen jede andere Richtung des Umkippens ist die Säule durch besondere Befestigungen geschützt. Damit die Säule nicht nach vorne umkippe, muss ein Zug von hinten her angreifen;

damit sie nicht nach hinten umkippe, ist ein von vorne wirkender Zug nothwendig. Solche Züge sind hier in der That angebracht; es sind die zahlreichen Muskeln des Unterschenkels, die in diesem Sinne wirken. Der Unterschenkel balancirt also auf dem Fussgewölbe.

Auf den Unterschenkel hinaufgebaut ist der Oberschenkel. Die bewegliche Verbindung zwischen beiden ist das Kniegelenk. Dieses grösste aller menschlichen Gelenke hat eine ausgezeichnete Bänderhemmung. Aeusserlich laufen vom Oberschenkel zum Unterschenkel zwei Seitenbänder: das innere, mächtig und breit, zum Schienbein, dass äussere, dünn und schlaffer, zum Wadenbein. Im Innern des Gelenkes laufen zwei Bänder vom Oberschenkel zum Schienbein; sie kreuzen sich und heissen daher Kreuzbänder; sie sind rundlich, wie Stricke, enorm fest. Wenn das Kniegelenk gestreckt ist, so sind beide Kreuzbänder und das innere Seitenband, das letztere in seinen hintersten Fasern straff gespannt.

Fahren wir nun in unserem Vergleiche fort. Auf einem Gewölbe (dem Fusse) ist eine schwanke, aber durch Zugkräfte (Muskeln) fest stellbare Säule befestigt (der Unterschenkel). Auf diese Säule ist eine zweite hinaufgestellt; die letztere ist durch ein System von kurzen, ungemein festen Stricken an die erstere befestigt, wobei jedoch die Stricke so angebracht sind, dass sie sich spannen, sobald die Säule mit ihrem oberen Ende sich nach vorne neigt. Hat diese Neigung einen gewissen Grad erreicht, so sind die beiden

Säulen mittelst der Stricke so aneinander befestigt, dass sie wie ein Ganzes betrachtet werden können.

Das ist das Bild des stehenden Beines. Man kann folgenden Versuch machen:

Man löst an einer Leiche das ganze Bein aus der Hüfte aus. Nun soll dieses Bein allein stehen!

Der Fuss, auf die Sohle aufgestellt, steht an und für sich; der Unterschenkel aber würde balanciren. Man stelle also das Bein auf den Boden einer offenen Kiste und schütte nun so viel Sand hinein, dass der Unterschenkel bis über die Mitte der Wade hinauf im Sande steht; dadurch wird der Unterschenkel am Umfallen verhindert. Jetzt braucht man den Oberschenkel im Kniegelenke nur zu strecken und sofort steht der Oberschenkel auf dem Unterschenkel fest; es bedarf dazu keiner weiteren Kraft; die Sache muss nur so eingerichtet sein, dass die Schwere des Oberschenkels selbst nach vorne zieht; sofort spannen sich die Hemmungsbänder hinten an und der Oberschenkel ist festgestellt.

Hätte man den Unterschenkel ungeschickter Weise so aufgestellt, dass die Schwere des Oberschenkels hinter der Drehungsaxe des Kniegelenkes wirkt, so würde der Oberschenkel sofort nach hinten zurücksinken. Dann könnte man sich so helfen, dass man an dem Oberschenkel ein Gewicht anbringt, welches denselben nach vorne zieht.

So kann man also selbst das Bein eines Todten zum Stehen bringen.

Und jetzt fügen wir die bisher betrachteten Bestandtheile zusammen!

Früher wurde gezeigt, unter welch geringem Aufwande von Muskelkraft es möglich ist, den Stamm sammt dem Kopfe in sich festzustellen. Jetzt wurde gezeigt, wie es anzustellen ist, das ganze Bein in sich festzustellen.

Und nun soll der Stamm mit dem Beine zusammengefügt werden. Da sich beim Stehen auf beiden Beinen die Sache rechts ebenso verhält wie links, so genügt es, die Sache vorläufig so zu betrachten, als ob es sich nur um e i n Bein handeln würde.

Da der Stamm, wenn er in sich festgestellt ist, wie ein starres Ganzes betrachtet werden kann, so vereinfacht sich die Sache dahin, dass wir uns denken, auf die zweite Säule (den Oberschenkel) sei noch eine dritte hinaufgestellt.

Welcher Art ist nun die Verbindung der dritten Säule mit der zweiten? Diese Verbindung ist im Hüftgelenke hergestellt.

Das Hüftgelenk ist ein Kugelgelenk; der Kopf des Oberschenkels bildet eine Halbkugel; diese ist in eine hohle Halbkugel von denselben Dimensionen eingelassen, welche am Becken angebracht ist. In unserem Bilde läge also die Sache so, dass die zweite Säule an ihrem oberen Ende halbkugelig gewölbt wäre; die dritte Säule wäre wiederum an ihrem unteren Ende halbkugelig ausgehöhlt, und zwar derart, dass die Kugelabschnitte aufeinander passen wie ein Käppchen auf den Kopf.

Der Bandapparat des Hüftgelenkes ist sehr einfach; es existirt hier ein breites und enorm starkes Band, welches vom Becken über die Vorderfläche des Gelenkes zum Schenkel zieht. Wenn der Stamm nach rückwärts gebeugt wird, so spannt sich dieses Band an. Nur wenn die allergrössten Gewalten, wie Maschinengewalten, auf das Bein wirken, zerreisst dieses Band; unter gewöhnlichen Umständen, wenn durch einen Sturz vom Pferde, oder durch Verschüttung, oder durch Ueberschlagen des Körpers in Folge einer heftigen Bewegung das Hüftgelenk verrenkt wird, zerreisst dieses Band nie; vielmehr bietet es, wenn auch der Kopf des Oberschenkelbeines aus der tiefen Gelenkspfanne, welche ihn wie eine hohle Halbkugel umfasst, herausgewälzt und nach Sprengung der Gelenkskapsel in verschiedener Richtung hinausgesprengt wird, noch immer Halt für den aus seinen Gelenken in der Tiefe herausgerissenen Schenkel und wirkt bestimmend auf seine Stellung.

Um also in unserem Bilde fortzufahren, musste bei der Zusammenfügung der dritten Säule auf die zweite hinauf an der vorderen Seite der beiden eine straffe und breite Verbindung derselben mittelst eines Systems von Stricken hergestellt werden, welche sich sofort anspannt, sobald die Schwere rückwärts von dem Drehpunkte der Verbindung wirkt. Wäre einmal die dritte Säule so weit nach rückwärts geneigt, dass die Schwere hinter dem Drehpunkte angreift, so ist die Verbindung zwischen der dritten und zweiten Säule

eine in sich festgestellte. Der Mensch braucht also seinen Stamm in Bezug auf den Oberschenkel nur so weit nach rückwärts zu verlegen, dass die Schwerpunktslinie hinter dem Drehpunkte des Hüftgelenkes vorbeizieht, und es bedarf dann keiner Muskelwirkung mehr, um die Feststellung des Stammes auf dem Beine zu unterhalten.

Nun hat aber der Mensch zwei Beine. Denken wir uns demnach zwei Fussgewölbe nebeneinander; auf beide Fussgewölbe sei je ein mittelst der Muskelkräfte balancirbarer Unterschenkel aufgebaut, auf beide Unterschenkel je ein bei Streckung feststellbarer Oberschenkel. Und nun wird dieses System von zwei nebeneinander stehenden gegliederten Säulen oben durch eine quere Traverse überbrückt, die ihrerseits noch eine Last (den Rumpf) trägt, aber derart beweglich auf dem Complex der Säulenpaare aufruht, dass sie fest liegt, wenn die Schwere hinter der queren Drehaxe ihrer Einlenkung wirkt.

So hätten wir uns das Bild eines Menschenkörpers veranschaulicht, der unter Aufwand des geringsten Maasses willkürlicher Kräfte in seinem Bau und seiner Fügung die Bedingung des Gleichgewichtes trägt.

Dieses Bild stellt aber eine ausserordentliche Vereinfachung vor. Die Wirklichkeit ist weitaus complicirter. In dem Bilde stellten wir uns vor, der ganze Rumpf sei ein starres Gebilde. In der Wirklichkeit ist aber der Rumpf selbst gegliedert; er wird ja von den zwölf Brust- und fünf Lendenwirbeln getragen, die

gegeneinander beweglich sind. Ausserdem sind an den Rumpf die zwei Arme angehängt, die allerdings bei ihrer symmetrischen Anordnung und ihrem gleichen Gewichte, falls sie in einer bestimmten Stellung gedacht werden, das Problem nicht besonders compliciren. Ferner dachten wir uns den Kopf nur in einer einzigen ganz bestimmten Haltung; derselbe kann aber um eine quere Axe sich bewegen (Nickbewegung), dann um eine senkrechte Axe (Drehbewegungen) und dann um eine von vorne nach rückwärts gehende Axe (Neigebewegungen) — letzteres allerdings nur so, dass die Halswirbel sich mitbewegen. Denken wir uns den Kopf zur Seite geneigt, so wird schon für diese Stellungsveränderung das Problem nicht so einfach; ebenso wenn wir uns den einen Arm in die Luft hinausgestreckt denken werden.

Schon diese einfachen Modificationen des Problems eröffnen uns den Einblick in die Complicirtheit der mechanischen Leistungen unseres Körpers, wenn wir ihn blos als ein bewegliches Gefüge denken. Fügen wir einige weitere Fälle hinzu. Das dreijährige Mädchen, welches eine grosse Puppe am Arme trägt, steht vor einem Spiegel und erhebt sich auf die Fussspitzen, um auch die Puppe im Spiegel zu sehen. Zwei kleine Knaben stehen einander gegenüber, um zu erproben, welcher von ihnen länger auf einem Beine zu stehen vermag. Die Tänzerin, die auf einer Fussspitze elfenartig dasteht, der Jäger, der, dem Auerhahn nachgehend, in der sonderbarsten Stellung mitten im

Vorwärtsschleichen wie festgebannt stehen bleibt. Blondin auf dem Seile! Das ist eine Reihe von Problemen, wo zwar ein sehr einfaches Gesetz zu lösen ist: der Körper muss so gestellt sein, dass die Schwerlinie durch die Unterstützungsfläche geht. Aber was da Alles zu leisten ist, damit dieses Gesetz erfüllt werde, das kann man sich nur dann vorstellen, wenn man selbst etwa auf einem Seile gehen möchte.

Absichtlich sage ich, dass die Schwierigkeit des Problems denjenigen einleuchtet, der es selbst lösen wollte.

Ich hätte ja auch sagen können, die Schwierigkeit leuchte jenem ein, der die Anatomie des menschlichen Körpers genau kennt.

Aber der beste Kenner der Schusswaffen braucht auch kein guter Schütze zu sein. Und der beste Anatom wird noch immer nicht im Stande sein, auf dem Seile zu stehen.

Es taucht hier eine zweite Seite des Gegenstandes auf, die praktische nämlich, die Leistung unserer Muskeln. Blondin auf dem Seile und Rubinstein am Clavier versinnlichen uns diese Leistung. Bei dem auf dem Seile balancirenden Künstler muss die Muskulatur zusammenwirken, um eine bestimmte Ruhelage des ganzen Körpers für eine relativ längere Dauer aufrechtzuhalten; die Grösse der Leistung beruht in der unentwegten Gleichmässigkeit, mit welcher die einzelnen Muskeln in einem für jeden derselben ganz genau bestimmten Grade zusammengezogen bleiben müssen.

Bei dem Claviervirtuosen müssen die einzelnen Muskeln des Armes und insbesondere der Hand von einander unabhängig arbeiten, damit der Griff eines jeden Fingers eine nach Richtung und Stärke von Moment zu Moment variirende Stosskraft repräsentire; die Grösse der Leistung beruht in der unentwegten Präcision, mit welcher die Muskeln die verschiedensten Grade der Zusammenziehung wechseln.

Diese beiden Extreme veranschaulichen uns die Eigenthümlichkeit der Muskulatur, dass sie eine nach Dauer und Intensität sehr variable Arbeit mit erstaunlicher Genauigkeit vollführt.

Was ist Muskel? Das Fleisch, das wir essen — das ist Muskel!

Die gröbste Erfahrung, die es auf diesem Gebiete gibt, die Erfahrung in der Küche und am Tische, lehrt, dass das Fleisch nicht eine gleichmässige Structur besitzt. Das Fleisch des Kruspelspitzes, des Beiriets, des Hieferschwanzels u. s. w. und wie alle die Ausdrücke der Wiener Fleischhaueranatomie heissen, zeigt ein ganz verschiedenes Aussehen.

Diese Anatomie lehrt uns aber über die Verhältnisse der Muskulatur etwa so viel, wie der Buchbinder von dem Inhalte der Bücher lehren könnte, die er einbindet. Oder, besser gesagt, der Fleischhauer hat von der Anatomie des Fleisches eine solche Vorstellung, wie Jemand, der die Construction und das Getriebe einer Taschenuhr dadurch aufdecken wollte, dass er

die Uhr in mehreren willkürlichen Richtungen in etwa 20 Theile zersägen wollte.

Die wissenschaftliche Anatomie, die Anatomie des Secirsaales lehrt uns, dass das Fleisch, das unsere Knochen umgibt, sich in bestimmte, von einander unabhängige, aber mit einander zusammenwirkende Gebilde trennen und auflösen lässt, gerade so wie sich ein Uhrwerk in Räder zerlegen lässt. Dieselbe Individualität, die einem Rade zukommt, kommt einem Muskel zu; ja, wenn man die Sache von einer anderen Seite betrachtet, eine weit grössere.

Die Muskeln sind im Ganzen grobe Gebilde. Einzelne Muskeln eines erwachsenen Menschen sind einen halben Meter lang und darüber und sind förmlich nach Kilos wägbar; andere sind klein und wiegen nach Grammen.

Der oberflächlichste Blick auf das Fleisch lehrt, dass die Muskeln aus Fasern bestehen. Durch Kochen zerfällt das Fleisch in seine Fasern am deutlichsten. Eine Faser, die wir mit dem blossen Auge als ein fadenförmiges Gebilde erkennen, ist aber, mikroskopisch untersucht, ein Complex aus einer grossen Zahl von feinen Fasern, — etwa so, wie ein Garnsträhn ein Complex von Garnfäden ist.

Je mehr man mit der Vergrösserung der Linse am Mikroskope vorwärts geht, desto complicirter erscheint der Muskelbau.

Es ergeht dem Untersucher etwa folgendermassen:

Denken wir uns einen Beobachter auf dem Planeten Mars, der unsere Erde mit einem Teleskop beobachten würde. Plötzlich entdeckt er in Mitteleuropa einen blauen, länglichen Streifen, der sich anscheinend fortbewegt. Es ist die preussische Armee, welche an der französischen Grenze Aufstellung genommen hat. Von Wissensdurst getrieben, verfolgt unser Beobachter die Erscheinung und nimmt ein besseres Instrument zur Hand. Da erscheint ihm der blaue Streifen als ein gegliedertes Ganzes. Es sind die einzelnen Armeecorps, die ihm nun zu Gesichte kommen. Er nimmt ein noch stärkeres Instrument und sieht die einzelnen Regimenter. Noch ein stärkeres Instrument! Er sieht endlich die einzelnen Compagnien. Er nimmt das stärkste Instrument, was auf dem Mars zu haben ist, und sieht sogar die einzelnen Züge einer Compagnie. Aber weiter reichen seine Untersuchungsbehelfe nicht. Während er beobachtet, mag ihm ab und zu vorgekommen sein, dass dieser und jener Zug einer Compagnie so sonderbare Bewegungen machte, dass er offenbar kein einheitliches Ganzes bilden kann, sondern aus noch feineren Gliedern bestehen muss.

Genau so verhält es sich mit der Structur der Muskulatur.

Mit dem Mikroskop bewaffnet, sehen wir, dass dasjenige, was uns als gröbere Muskelfaser erscheint, ein ganzes Bündel von einfachen oder Primitivfasern ist. Die Primitivfaser selbst erscheint quergestreift, als ob sie aus übereinandergelegten Scheiben zusammengesetzt

wäre. Diese Scheiben erweisen sich als aus Säulchen zusammengesetzt, und weitere hier nicht näher zu erörternde Untersuchungen haben ergeben, dass wir uns eine Muskelfaser thatsächlich so gebaut denken müssen wie einen Armeekörper, d. h. sie besteht aus Elementen, die in einer ganz bestimmten Anordnung aufgestellt sind, und wenn sich die Faser zusammenzieht — was man an lebenden Muskeln kleiner Thiere unter dem Mikroskop direct beobachten kann — so wird sie kürzer und dicker, wie eine Truppe, etwa ein Bataillon, das drei Mann hoch aufgestellt war, sofort kürzer und breiter wird, wenn es sich sechs Mann hoch aufstellt. Nur enthält eine einzige Muskelfaser vielleicht Millionen der Elemente, deren veränderte Aufstellung die Verkürzung und Verdickung der Faser bedingt. Wie eine Heeresmasse auf den Wink des Commandanten ihre Aufstellung verändert, so geht es in der Muskelfaser mit einer weitaus grösseren Präcision und Schnelligkeit zu; festgebannt bleiben die Elemente in ihrer neuen Aufstellung, um sie sofort zu verlassen, wenn die Zusammenziehung des Muskels sistirt wird. Der Commandant dieser Heeresmassen ist unser Gehirn, d. h. jene Theile desselben, welche der willkürlichen Bewegung vorstehen; der Befehl gelangt an die Muskeln durch eine Art telegraphischer Leitung, durch die Bewegungsnerven.

Das sind die Principien jener Einrichtungen, vermöge welcher unser Körper sich willkürlich bewegt.

Das Gehen ist ein langsam erlernter, anfangs

schwieriger, später aber in fast automatischer Weise vor sich gehender Bewegungsact, dessen einzelne Momente in folgenden bestehen.

Erstlich wird das eine Bein, sagen wir das linke, vorgesetzt. Und nun wird die Körperlast darauf übertragen, während dasselbe mit seinem oberen Ende einen Bogen beschreibt, der von hinten nach vorne geht und dessen Radius dem Abstande des Oberschenkelkopfes von der Drehaxe des Sprunggelenkes entspricht, wenn das Knie steif gehalten wird. Wird das Knie gebeugt gehalten, so kommt dieser Bogen, den H. v. Meyer den Verticalbogen nennt, in etwas complicirterer Weise zu Stande, indem der Unterschenkel für sich einen Bogen beschreibt und auf ihm erst der Oberschenkel.

Da der Gang als Ganzes nur dadurch zu Stande kommt, dass diese Vorwärtsbewegung abwechselnd von dem linken und rechten Beine ausgeführt wird, so muss auch ein zweites Element hinzutreten: das Vorsetzen des hinten gebliebenen Beines. Diese Bewegung ist eine pendelnde; das Bein schwingt um den Mittelpunkt des Hüftgelenkes so, wie ein Pendel um seinen Aufhängepunkt schwingt. Wird das Knie hiebei gestreckt gehalten, so liegt eine ganz einfache Pendelung vor; wird das Knie leicht gebeugt gehalten, so schwingt der Unterschenkel für sich um die quere Achse des Knies.

Während also das eine Bein (das „tragende") den Körper trägt, schwingt das andere (das „pendelnde")

nach vorne durch, um nun die Rolle des tragenden zu übernehmen.

Das dritte Element besteht in der Aequilibrirung des Körpers auf dem tragenden Bein.

Die nähere Untersuchung der genannten Elemente des Ganges ist mit scharfsinnigen Methoden unternommen worden. Auf die Einzelnheiten einzugehen, — dazu gebricht es hier an Zeit!

Inhalt.

Der Vortrag des Herrn Regierungsrath Prof. Dr. Edler v. Hajek wird im nächsten Bande erscheinen, da es dem Vortragenden wegen ausserordentlicher Geschäftsüberbürdung nicht möglich war, das bezügliche Manuscript rechtzeitig für den Druck fertig zu stellen.

Für das Vortrags- und Redactions-Comité:

Dr. Rumpf.

Druck von Adolf Holzhausen in Wien,
k. k. Hof- und Universitäts-Buchdrucker.

Q44
V52
v.26
214300
Vienna

Digitized by Google

Digitized by Google